T
669.3
NEIi

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica

****

****

"INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE ALUMINIO EN LOS BRONCES AL MANGANESO"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

VICTOR HUGO NEIRA SELLAN

****

GUAYAQUIL ECUADOR

AÑO
1993

ESPOL
1958
ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"
F.I.M.C.P

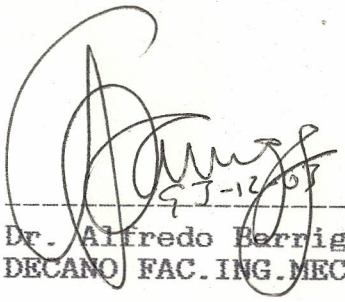
D E C L A R A C I O N E X P R E S A

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta Tesis, me corresponden exclusivamente, y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL."

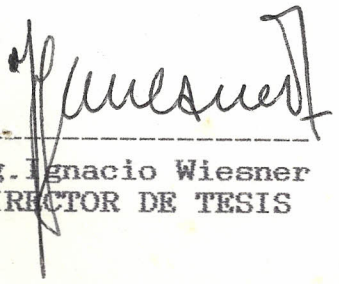
(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

VICTOR NEIRA SELLAN

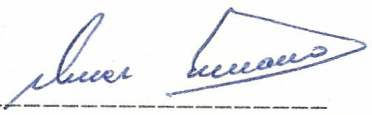
ESPOL 1958 ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL BIBLIOTECA GONZALO PEVALLOS M.C.P.



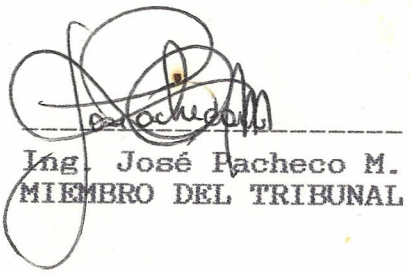
Dr. Alfredo Berriga
DECANO FAC.ING.MEC.



Ing. Ignacio Wiesner
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Omar Serrano V.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. José Pacheco M.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

A G R A D E C I M I E N T O

Por haberme brindado todas las facilidades posibles, especialmente su apoyo y también por haberme transmitido sus experiencias y conocimientos, mi más profundo agradecimiento al Ing. Ignacio Wiesner Falconí.

ESPOL
1958
ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA GENERAL

D E D I C A T O R I A

A mis padres como muestra de mi amor y gratitud a todos sus esfuerzos.

ESPOL
1958
ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"
F.I.M.C.P.

RESUMEN

En la presente investigación se han evaluado aleaciones con diferentes contenidos de Aluminio partiendo de una composición básica de los demás elementos tales como Cu-Zn-Fe, y así establecer los procedimientos de fusión para obtener los límites de composición dados para los diferentes grados de Bronce al Manganeso, para lo cual se han tomado en cuenta ensayos preliminares y pruebas con variación de composición química.

Se ha realizado el control de calidad de fusión para las distintas composiciones, a fin de establecer una metodología para cálculos de carga de elementos ordinarios y de aleación con el objeto de establecer la influencia del aluminio en dichas composiciones.

Se realizaron ensayos de control en planta para afinar el método de fusión y luego se homologó la aleación C86200 con normas ASTM ensayando los materiales con pruebas de tracción, metalografía y composición química obteniéndose buenos resultados.

281830

INDICE GENERAL

Pag.

Resumen 6

Indice general..... 7

Indice de figuras..... 9

Indice de tablas..... 11

Introducción..... 12

Objetivo..... 14

CAPITULO I FUNDAMENTO TEORICO.

1.1 Importancia tecnológica de los Bronces al Manganeso..... 15

1.2 Composición nominal y propiedades..... 16

1.3 Comparación entre las aleaciones de Alta,Media y Baja resistencia..... 16

1.4 Metalurgia de los Bronces al Manganeso..... 17

1.5 Procesos de fusión para reciclaje de materiales..... 24

1.6 Efecto de las Impurezas en los Bronces al Manganeso..... 35

1.7 Aplicaciones..... 36

CAPITULO II TRABAJO EXPERIMENTAL.

2.1 Método Experimental..... 38

2.2 Materiales y Equipos..... 40

2.3 Ensayos preliminares..... 43

2.4 Pruebas con variación de composición química 44

2.5 Control de calidad de la fusión..... 51

2.6 Resultados Obtenidos..... 55

CAPITULO III. DISCUSION DE RESULTADOS.

3.1 Proceso de Fusión..... 73

3.2 Caracterización de las aleaciones..... 77

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 78

APENDICES..... 81

BIBLIOGRAFIA..... 82

ESPOL 1958 ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS" G.J.M.C.

INDICE DE FIGURAS

Fig. #		Pag.
1	Foto de una microestructura aleaciones Bronces al Manganeso C86400,C86500.....	18
2	Foto de una microestructura aleación C86200.....	19
3	Foto de una microestructura aleación C86300.....	20
4	Foto de una microestructura C83600.....	21
5	Horno de fusión y un soplador	42
5A	Gráfico del ensayo 3, Dureza vs % de Aluminio	57
6	Fotomicrografía del ensayo 3.1.....	58
7	Fotomicrografía del ensayo 3.2.....	58
8	Fotomicrografía del ensayo 3.3.....	58
9	Fotomicrografía del ensayo 3.4.....	58
10	Fotomicrografía del ensayo 3.5.....	59
11	Fotomicrografía del ensayo 3.6.....	59
12	Fotomicrografía del ensayo 3.7.....	59
12A	Gráfico etapa 2, Dureza vs % de Aluminio.....	62
13	Fotomicrografía de la muestra 1.....	63
14	Fotomicrografía de la muestra 2.....	63
15	Fotomicrografía de la muestra 3.....	63
16	Fotomicrografía de la muestra 4A.....	64
17	Fotomicrografía de la muestra 4B.....	64
18	Fotomicrografía de la muestra 5A.....	64

19 Fotomicrografía de la muestra 5B..... 64

20 Fotomicrografía de la muestra 6..... 65

21 Fotomicrografía de la muestra 7A..... 65

22 Fotomicrografía de la muestra 7B..... 65

22A Gráfico de Superposición (5A y 12A)..... 66

23 Fotomicrografía de muestra 1 aleación A..... 72

24 Fotomicrografía de muestra 2 aleación A..... 72

25 Fotomicrografía de muestra 3 aleación A..... 72

26 Fotomicrografía de muestra 4 aleación A..... 72

ESPOL 1958 ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS" F.I.M.C.P.

INDICE DE TABLAS.

Fig.		Pag.
1	Composición Nominal de los Bronces al Manganeso.....	16
2	Propiedades Mecánicas de las aleaciones de los Bronces al Manganeso.....	17
A	Análisis Quimico de la primera prueba del ensayo 3.....	55
B	Análisis de la Dureza del ensayo 3.....	56
C	Análisis Quimico del ensayo 3 vuelto a realizar.....	60
D	Análisis de la Dureza del ensayo 3 vuelto a realizar.....	61
E	% Proyectado haciendo cálculos de pérdida de muestra 3 Y 4 B.....	67
F	Tiempo de fusión Cu-Fe-Mn.....	68
G	Elaboración de una tabla a partir de aleaciones madre, para llegar a una aleación determinada.....	69
H	Igual a G.....	69
I	Igual a G.....	70
J	Igual a G.....	70
K	Análisis quimico de las 4 últimas pruebas...	71
L	Análisis de dureza de las últimas pruebas...	71
LL	Propiedades Mecánicas (últimas pruebas).....	71

INTRODUCCION

Las aleaciones de Cu de alta resistencia que contienen zinc como el elemento principal son los llamados latones. Estas aleaciones comprenden dos familias: los latones al plomo y los latones de alta resistencia.

Esta segunda familia , más bien llamados Bronces al Manganeso tienen mayor fuerza tensil, y son de hecho las aleaciones más fuertes con base de cobre en la condición en bruto de colado. El término bronce de manganeso es inexacto y algo confuso debido a que algunas aleaciones en ésta categoría actualmente contienen muy poco manganeso; es por ésta circunstancia que éstas aleaciones son llamadas más propiamente latones de alta resistencia, pero en nuestro medio ya está acuñado el nombre de Bronces al Manganeso y así los llamaremos en adelante.

Una investigación en talleres artesanales nos ha revelado la poca información que poseen en relación al proceso de fusión y por ende sobre las propiedades ingenieriles de éstas aleaciones.

La motivación para la realización del siguiente trabajo es el aporte que se va a dar para el sector de la fundición, en relación a una metodología de trabajo para producir aleaciones con propiedades homologados con normas americanas

(ASTM, ASM, SAE).

El método que se presenta en éste trabajo es de fácil aplicación y se ha probado que tiene suficiente confiabilidad gracias a la técnica aplicada en los ensayos en planta.

ESPOL
1958
POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA CENTRAL

OBJETIVO

El objetivo de la presente investigación experimental es dar a conocer las técnicas empleadas en la fusión, control de calidad de los bronces al manganeso, y características que nos dá la variación del Aluminio con el fin de que el fundidor tenga un instrumento de trabajo de primera mano y con ello sea capaz de mejorar su nivel tecnológico en relación a la fabricación de éstas aleaciones.

Las experiencias realizadas tendrán dos etapas, a saber:

a.- Fusiones preliminares para desarrollo de metodología de fusión, y

b.- Fusión de aleación para homologación.

ESPOL 1958 ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS" F.I.M.C.P.

C A P I T U L O I

- FUNDAMENTO TEORICO.-

1.1 IMPORTANCIA TECNOLOGICA DE LOS BRONCES AL MANGANMESO.

La resistencia mecánica es excelente, tal es así que se la puede comparar con la de algunos aceros, y su resistencia a la corrosión hacen que éstas aleaciones sean de gran aplicación en la industria.

A pesar de la información anterior en éste tipo de aleación no se llega a establecer la influencia que tiene el manganeso, pero en este caso el elemento en estudio es el aluminio, el cual para las diferentes pruebas a realizarse va a ser que cambien las composiciones químicas de cada aleación, vamos a tener diferentes valores de resistencia a la tracción, y su metalografía va a ser diferente, y en cierto grado vamos a tratar de compararle con los que nos establece la norma.

Mas la importancia de esta aleación radica en lo que se puede hacer uso a nivel industrial, para que se lleve a ciencia cierta algún tipo de aplicación.

1.2 COMPOSICION NOMINAL Y PROPIEDADES.

Como se vé en la tabla # 1 las aleaciones C86200 y C86300 tienen contenido significativos de aluminio, hierro y manganeso como elemento de la aleación.

Consecuentemente son considerablemente más fuertes que las aleaciones C86400 y C86500 , que poseen menor cantidad de los elementos arriba nombrados pero en cambio tienen alto contenido de zinc.

TABLA # 1

COMPOSICION NOMINAL				
ELEMENTOS	C86200	C86300	C86400	C86500
COBRE	65	62	58	58
ALUMINIO	4	6	1	1
HIERRO	3	3	1	1
MANGANESO	3	3	0.5	0.5
PLOMO	-	-	1	-
ZINC	25	26	38.5	39.5

1.3 COMPARACION ENTRE LAS ALEACIONES DE ALTA Y BAJA RESISTENCIA.

Los límites de la composición química actual para estas

cuatro aleaciones como se enlista en la tabla #2 son amplios, propiedades mecánicas mínimas, de cualquier forma sólo pueden obtenerse dentro de rango de composición restringidas.

Observamos la comparación entre éstas aleaciones a través de la siguiente tabla # 2:

TABLA #2

Propiedades mecánicas mínimas				
	C86200	C86300	C86400	C86500
Resist. Tensil	90Ksi	110Ksi	60Ksi	65Ksi
Resist. Fluenci	45	60	20	25

1.4 METALURGIA DE LOS BRONCES AL MANGANESO.

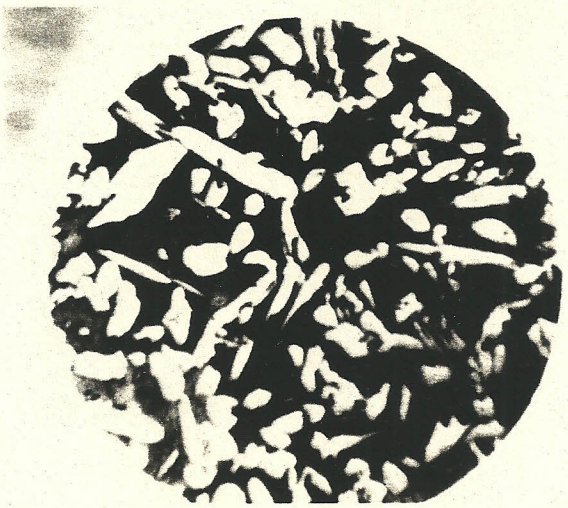
BRONCES AL MANGANESO.

Mientras el contenido de zinc de las aleaciones Cu-Zn se incrementa significativamente sobre el 32,5 % (como para las aleaciones C86400 y C86500), las microestructuras de las aleaciones empiezan a mostrar incrementos de una segunda fase "beta". Esta fase beta tiene dureza significativamente mayor (y menor ductilidad) que la fase alfa, y de aquí que tiene un

efecto endurecedor marcado sobre las aleaciones. La fase Beta, o más precisamente la fase β´ , primeramente aparece en la microestructura de la aleación a temperatura ambiente en contenidos de zinc de alrededor del 39 % al 40 % de zinc, la presencia de ésta fase se manifiesta por un incremento súbito en la dureza de la aleación.

Otros elementos tales como el aluminio tienen una tendencia aún mayor a promover la formación de fases β cuando se añaden a las aleaciones Cu-Zn. Por ejemplo, una adición del 1% de aluminio tiene el mismo efecto que una adición del 6 % de Zinc. Luego se dice que el aluminio tiene un equivalente de zinc de 6. En el caso de las aleaciones C86400 y C86500 podemos esperar que la microestructura refleje la proporción α-β que se encuentra en una aleación binaria 55 % Cu- 45 % Zn. Esto puede apreciarse en la microestructura de la fig.1:

Fig.1



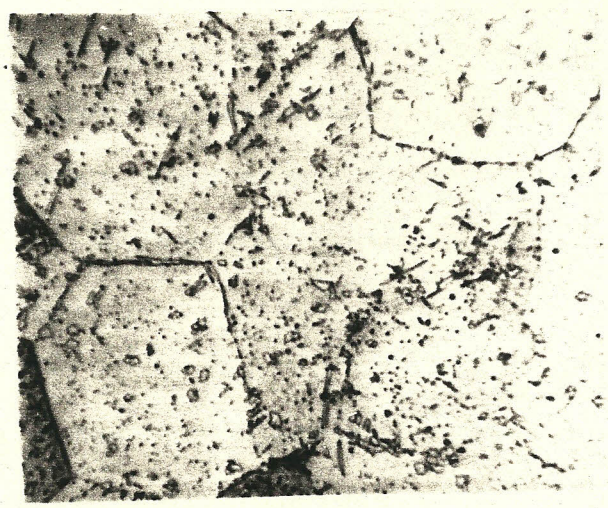
ESPOL
1958
ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"
F.I.M.C.P.

Aquí la fase α que aparece como una estructura circular, se ha formado por precipitación de una fase β única que aparece como la estructura matriz en temperatura ambiente. A veces tenemos presente el plomo y ésto ocurre como partículas insolubles dentro de la estructura matriz. Las aleaciones C86400 y C86500, al tener estructuras de 2 fases pueden considerarse como aleaciones de dureza moderada.

Las aleaciones C86200 y C86300 muestran microestructura con muy poco o nada de fase α, ésto es debido al alto equivalente de zinc de las adiciones del 4 al 6 % de aluminio, resultando en una adición efectiva de zinc de 50 al 55 %.

Microestructuras típicas de las aleaciones C86200 y C86300 se muestran en la fig.2 y 3:

FIG.2



ESPOL
1958
ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"

FIG.3



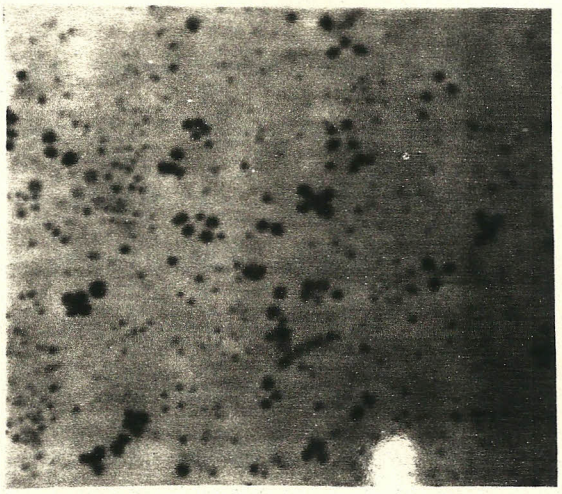
El alto contenido de β en éstas estructuras justifica una dureza mecánica inusualmente alta. Las inclusiones (pequeñas y negras) vistas en la microestructura son particulas de un complejo intermetálico rico en hierro. El hierro es esencialmente insoluble en éstas aleaciones y es añadido principalmente para el refinamiento granular.

Esto es particularmente importante para fundiciones que contienen secciones delgadas y gruesas. En ausencia de adiciones de hierro, secciones gruesas que se enfrían lentamente tienen tendencia a lentamente desarrollar tamaño granular grueso con consecuente reducción de la fuerza mecánica.

Normalmente, estas inclusiones ricas en hierro son pequeñas y bien distribuídas, formando partículas

redondas o como rosetas como en la fig.4 (magnificación de 400x), que a continuación se muestra:

FIG.4



Bajo ciertas condiciones, como cuando altas cantidades de hierro están presentes, éstas partículas se pueden formar como inclusiones grandes " manchas duras" , que afectan adversamente la maquinabilidad y la apariencia cosmética de las aleaciones.

El rol del manganeso en los latones de alta resistencia permanece aún desconocido. Aunque tiene bajo equivalente de zinc, incremetará levemente la fuerza sin reducir la ductilidad. Se cree también que dá ciertos beneficios como un desoxidante suave al incrementar las características de fundición de las aleaciones.

Las características mecánicas de latón de alta dureza

están muy influenciados por la proporción de la fase β en la microestructura; ésto, a su vez es afectado por el % de zinc y otros elementos presentes en la aleación.

Por ésto, sin importar las latitudes de los límites de la composición permitidas por las especificaciones, la composición actual debe ser controlada con límites relativamente estrechos y cuidadosamente balanceados para obtener propiedades deseables y reproducibles. Para aplicaciones críticas no es raro el especificar requerimientos microestructurales así como la composición y propiedades mecánicas, para fines de resistencia a la corrosión. En el caso de las aleaciones "todo β" (C86200 y C86300), un desbalance severo en la composición puede resultar en la formación de pequeñas cantidades de fases gamma (τ) en los límites de los gránulos, resultando en fundiciones quebradizas.

Debe notarse que las aleaciones todo "β" generalmente tienen buena dureza al calor (excepto si es contaminado con plomo). De todas formas éstos materiales tienen reputación de ser falibles cerca de 400º C y requieren cuidado en el desmolde.

La tasa de enfriamiento en el molde también tiene efecto marcado en la identidad, tamaño y forma de los constituyentes microestructurales. Así, habrán

diferencias en la microestructura y propiedades de las secciones finas y gruesas de las fundiciones y entre partes moldeada con arena y al frío. La transformación ß-α no puede ser suprimida, aún con enfriamiento rápido. Por ésto el reforzamiento de las propiedades por tratamiento de calor no es posible, aunque un calentamiento y enfriamiento a 316 °C para aliviar la tensión es a veces utilizado especialmente luego de la soldadura en caliente.

Para la metalografía involucra seccionado y lustrado de la muestra, puliendo su superficie para revelar su estructura cristalina, y el análisis de la naturaleza de ésta estructura bajo un microscopio. Si la preparación de la muestra y el fotografiado de las microestructuras pueden ser hechos por técnicos preparados, por lo general se requiere que un ingeniero en metalurgia entrenado interprete las características de las estructuras relacionadas o los estandares de calidad afectados por los parámetros del proceso. El lector es sugerido que se refiera a los Estandares de la ASTM, "Preparación de micrografías de metales y aleaciones (E2) y " Preparación de especímenes metalográficos." (E3).

La importancia del exámen microscópico (más comúnmente de 50 a 150 x) radica en el hecho de que las propiedades

de los bronces fundidos son fuertemente influenciados por características estructurales tales como forma y tamaño de los gránulos, localización y distribución de inclusiones no metálicas, segregación, distribución de partículas de plomo, compuestos metálicos no deseados y distribución heterogénea de las fases de la aleación.

Con aleaciones con base de cobre, algunos de los usos más comunes del exámen microscópico son para monitorear los efectos del tratamiento de calor en bronces al aluminio y verificar la forma adecuada de las partículas de plomo y distribución en bronces que contienen plomo.

La porosidad, ya sea causada por encogimiento de gases tiende a ser gruesa en apariencia y puede evaluarse mejor en aumentar de 5 a 15 x. Esto se denomina examinación macroscópica. La misma técnica puede aplicarse a superficies pulidas o muestras donde el comportamiento del congelamiento dendrítico debe ser evaluado (u otras características en gran escala de la muestra).

1.5 PROCESOS DE FUSION PARA RECICLAJE DE MATERIALES.

Lingote puro estandar.

El lingote de aluminio puro estandar se produce para

moldeo en algunos grados de pureza. Un lingote puro se designa como EC (conductor eléctrico), es cual es aluminio tratado con boro, con un 99,5 % de composición mínima. Estos grados de aluminio puro son moldeados directamente desde los potes de reducción o lingotes especiales, o a lingotes de tamaño convencional.

Características para aleación de moldeo.

_ Composiciones:

Como en el caso del moldeo a presión, las aleaciones usadas más comúnmente para moldes permanentes son los latones.

Otra familia de aleaciones muy usada para fundiciones de molde permanente es el grupo de bronces al aluminio. Estos materiales no son moldeados a presión debido a su susceptibilidad a formar películas de óxido bajo condiciones de flujo turbulento.

De hecho con un diseño propio de los moldes y cuidado en canalizar y vertir , una gran variedad de aleaciones con base de cobre pueden ser exitosamente fundidas en moldes permanentes. Tales aleaciones incluyen cobre de alta conductividad, cobre al plomo, plata al níquel, bronze al fósforo y aún ciertos latones con contenido de plomo. Los

puntos de fundición altos de estas aleaciones tienen un efecto marcado en la vida del molde. Además, las dificultades del fundido aumentan a medida que el rango de congelamiento de la aleación se expande, a excepción de las formas más sencillas. Las fases de congelamiento más altas de las fundiciones de moldes permanentes, al compararlas con las fundiciones de arena, causan modificaciones en la microestructura y propiedades de las aleaciones, de aquí que para moldeado permanente la composición óptima puede requerir algún ajuste.

Fusión

Prácticas standar de fusión se usan para varias aleaciones. El derretimiento normalmente se hace en el cuarto de hornos y luego el metal es transferido a hornos receptores en las áreas de vertido. Los hornos receptores son normalmente diseñados para permitir el vertido, ya sea de manera manual o mecánica.

El control de gases en el metal es más crítico en las fundiciones de moldes permanentes que en las fundiciones con acabados a presión. Al contrario que con las fundiciones con arena, donde se requieren contenidos relativamente bajos de gas para evitar porosidades internas, el proceso de fundiciones de moldes permanentes se basa en la presencia de cantidades controladas de gas

como medio de dispersión de encogimiento para evitar defectos que puedan causar fugas bajo presión. Así mismo, éstos niveles controlados de gas han sido descubiertos como controladores del encogimiento volumétrico, y de acuerdo con la teoría de Pellun, reducen al grado de resquebrajamiento en los moldeados mientras se solidifican a través del rango crítico de temperatura. El nivel óptimo de gas debe ser determinado empíricamente para cada moldeado, y dependerá no sólo de las características de la aleación sino también del grosor y diseño de la sección de la pieza modelada.

Una complicación del proceso de fundición de moldes permanentes, en términos del control del derretimiento, es el hecho que cantidades relativamente pequeñas de metal son moldeadas por unidad de tiempo. Esto significa tiempo de retención prolongados, con la posibilidad de que el nivel de gas, composición y contenidos de inclusión cambiarán considerablemente dentro del horno. Esto es siempre y cuando no haya el debido control en el momento de la fusión, luego se hace necesario entonces ejercitar un control cuidadoso sobre la calidad del metal fundido, con una supervisión adecuada y ajustes periódicos que garantizan la idoneidad del vertido en todo tiempo. Esto debe incluir una evaluación de la necesidad de reajuste del nivel de gas o zinc perdido.

ESPOL
1958
POLITECNICA
BIBLIOTECA

MOLDEADO CENTRIFUGO

La característica esencial del moldeado centrífugo es la introducción del material derretido en un molde que es rotado durante la solidificación del fundido. Se depende de la fuerza centrífuga para darle forma al metal derretido a medida que el líquido es empujado por ella hacia los detalles del molde.

El proceso tiene las siguientes ventajas inherentes:

a) Es recomendable para el uso de solidificación progresiva.

b) Escoria y no metales de baja densidad se mueven hacia la superficie interior, donde pueden ser removidas por maquinación.

c) Desarrolla presiones de moldeado extremadamente altas, que promueven la dureza mediante una alimentación efectiva, incremento de la solubilidad del gas, y manteniendo en bajos volúmenes de cualquier gas que puede ser atrapado o liberado en la solidificación.

d) Es adaptable para usar en moldes de enfriado permanente en los cuales se pueden producir moldeados de grano fino.

ESPOL 1958
POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA

e) Toma ventaja de las temperaturas bajas de vertido debido a las altas tasas de vertido posibles. Las temperaturas más bajas minimizan la absorción de gas de la atmósfera del horno y tiende a reducir el tamaño de grano.

f) Secciones tubulares pueden moldearse sin centro (corazón).

La calidad de cualquier moldeado centrífugo depende de que tan posible es utilizar éstos factores.

Variaciones del proceso.

El moldeado centrífugo se divide en 3 distintas categorías:

1) Centrifugado verdadero
2) Semi-centrifugado
3) Centrifugado

Centrifugado.

Es probabalemente el menos importante de los 3 procesos, pero el más usado. El metal es vertido por el bebedero del molde mientras el mismo gira, y luego fluye a través de correderas y pases por el efecto de la fuerza

centrífuga. Los moldeados son relativamente pequeños, los moldes de pequeños diámetro y las fuerzas de rotación (velocidades) son ajustadas a un índice relativamente bajo de 106.

Una sección provee guías prácticas relacionadas a las operaciones del departamento de fundido.

HORNO DE INDUCCION.

Mantener una atmósfera oxidante con hornos de inducción no es problema ya que la atmósfera en contacto con el metal fundido es el aire de ambiente, que tiene 21 % de O_2. Puede ocurrir que la atmósfera sea muy oxidante con las consiguientes pérdidas o exceso de nata.

Si el fundido se hace rápido y el metal es vertido tan pronto alcance su temperatura adecuada, se encontrarán pocos problemas de H_2 o nata. En caso de exposición prolongada del derretido es ventajoso proveer una cubierta de algún material inerte o levemente reductor. Materiales que crean una capa lustrosa deben usarse discretamente ya que tienen tendencia a incorporar humedad en el almacenamiento, sumando al problema del H_2. También pueden erosionar o adosarse a las paredes del crisol. A menudo una cubierta de grafito (pedazos) o carbón seco de madera es preferible.

HORNOS DE ARCO.

Se usan poco en fundiciones de aleaciones de cobre hoy. Ya sea arco directo o indirecto, estos hornos derriten en una cámara cerrada. El aire entra al horno por los alrededores de los electrodos, pero la tasa de circulación de aire no es grande. El calor intenso del arco causa combustión de los electrodos de grafito por reacción con cualquier O_2 presente en la atmósfera del horno. Esto resulta en una atmósfera que consiste escencialmente de N_2 ,monóxido de carbono y de humedad residual.

Suprimir la absorción de H_2 en hornos de arco introduciendo aire en exceso ya se ha probado. La desventaja es el elevado consumo de electrodos. La práctica más común ha sido sellar agujeros en los hornos con cemento refractario para minimizar el flujo de aire al horno. Esto depende de cuanto se mantenga la humedad atmosférica fuera del horno. Si ocurre absorción de H_2 excesivo, el remedio sería eliminar el calor con N_2 seco o algún gas inerte.

HORNOS A BASE DE COMBUSTIBLES.

Aquí se considerarán este tipo de hornos como de crisol o con corazón, que usan gas natural, fuel oil, propano o

combinaciones. Como todos éstos son hidrocarburos su combustión produce gran cantidad de vapor de agua, que forma parte de la llama visible que se pone en contacto con el metal derretido antes de abandonar el horno. Con ausencia de O_2 en el horno, la humedad de la llama, con su reacción con el metal derretido, formará grandes cantidades de H_2 que se disolverán en el metal. Esto es causa común en la formación de porosidades en las aleaciones de cobre y enfatiza la importancia de un control cercano de la atmósfera del horno en hornos a combustibles.

En el tiempo, se ha hecho mucho para prevenir la contaminación por H_2 en hornos a combustible usando materiales cubriendo la superficie del metal. En general, ésto ha sido inefectivo, no confiable o no práctico. Materiales porosos tales como carbón no previenen que la humedad de la llama llegue a la superficie del derretido, y en cambio presentan problemas de contaminación de hidrógeno al reaccionar con el O_2 presente. El uso de materiales de apariencia brillosa que forman capas puede ser relativamente efectivo para proteger el derretido, pero tiene muchas desventajas. Lo más importante es que previenen el contacto del O_2 y su reacción con el metal. Para solucionar éste problema, los británicos adicionan materiales oxidantes como óxido cuproso en la capa protectora. De todas formas, el uso de éstas capas es una

molestia y una fuente potencial de inclusiones. Su uso reduce la vida útil de los crisoles y los refractarios del horno y reduce la eficiencia térmica durante el derretimiento al proteger la superficie del derretido de calor radiante. En algunos hornos, el uso de ésta capa imposibilita al operador juzgar la temperatura del metal por observación del encendido del zinc.

La práctica más comúnmente aceptada en hornos de combustibles, aunque depende de la experiencia, es derretir bajo condiciones levemente oxidantes. Esto es, ajustar la proporción combustible / aire de los quemadores para usar más aire del necesario para obtener combustión completa, así que queda una pequeña cantidad de oxígeno libre presente en la llama.

No se ha determinado la cantidad exacta de O_2 libre, pero las autoridades acuerdan que debe ser alrededor del 2 % del volúmen de los gases en los productos de combustión. Este exceso de O_2 en condiciones normales tendería a saturar el derretido y restringe la solubilidad del H_2 a niveles aceptables. La desoxidación subsecuente para eliminar el O_2 disuelto permitirá que se solidifique el metal sin la formación de poros por causa del H_2 o de la reacción H_2-O_2.

El método más confiable para asegurar la presencia de una

cantidad levemente excesiva de O_2 en la llama es usar un quemador proporcionador u otro control automático que mantenga la proporción correcta combustible-aire. Tales controles son fuertemente recomendados.

En hornos sin éste medio, éste ajuste depende de la habilidad del operador. Para hornos con crisol, se vé que una llama corta y fina, con un ligero tinte verde alrededor del borde externo indica una atmósfera oxidante propicia. Es erróneo que una llama verde sea siempre oxidante. Una llama larga y verde se ha visto en ocaciones en que existen condiciones reductoras. Por ésto, a menos que las observaciones sean hechas por un experto, éstas son inefectivas. Deben evitarse siempre llamas amarillas, amarillo-rojizos o humeantes. Esta indican una atmósfera fuertemente reductora.

Otra técnica de control es la prueba del zinc. Aquí, un pequeño pedazo de zinc se expone a llama abierta por 5 segundos y luego se observa su apariencia. Si la superficie se ha ennegrecido, la atmósfera es altamente reductora, si ha cambiado a un color que va de amarillo a gris claro, la atmósfera es levemente reductora, si el color no cambia, la atmósfera es algo oxidante. Esta prueba depende de la experiencia del operador y da sólo control limitado.

ESPOL 1958 POLITÉCNI BIBLIOTE

Equipo de análisis de combustión ha sido disponible hace mucho y sin duda es el mejor medio para obtener una medida cuantitativa exacta de la composición de los gases que emergen del horno. Aunque se requiere cuidado en muestreo de gases, pueden hacerse análisis rápidos de determinación de óxido de carbono, monóxido de carbono y oxígeno libre. Esta es la técnica recomendada para monitorear atmósferas de hornos, tengan o no control automático.

1.6 EFECTOS DE LAS IMPUREZAS EN LOS BRONCES AL MANGANESO.

Para segurar una buena relación de fases x y B en las microestructuras de estas aleaciones, se debe dar atención particular al peligro de contaminación por otros metales durante la fundición. Esto se refiere a cualquier metal inyectado al horno o a metal residual adherido a los interiores de los hornos o vertederos.

Plomo y estaño son elementos comunes que pueden inadvertidamente ser introducidos a éstas fundiciones. En el caso de C86500 y C86400, la tabla 2 indica que una presencia del 1% de plomo reduce la fuerza tensil por 5000 psi y la elongación en 5%.

Efectos similares pueden darse en la contaminación intencional por plomo de C86200 y C86300. En éstas, cuando se mantiene el estaño bajo el 0,20% , pueden

obtenerse propiedades mecánicas mínimas. Para C86400 y C86500 los límites de estaño permisibles son un poco más altos, 1,5 y 1.0% respectivamente.

De hecho, el estaño es añadido a veces para reducir su tendencia a la pérdida de zinc por corrosión en ambientes marinos.

Cuando presente, el níquel actúa en similar manera al cobre y promueve la estabilidad de la fase x en la microestructura. Su equivalente es de -1.3.

1.7 APLICACIONES.

Fuerza notable, en combinación con resistencia a la corrosión y costos moderados son los principales atributos de los latones de alta resistencia (bronces al manganeso). Como se vió en un párrafo anterior, la resistencia y dureza de las aleaciones se incrementan con el % de la fase β en la microestructura. De cualquier forma, cantidades elevadas de β reducen ambos, ductilidad y resistencia a la corrosión de la aleación. Las aleaciones "todo β" C86200 y C86300, debido a sus bajos niveles de estaño y plomo, son soldables; las C86400 y C86500 no lo son.

Cuando se hace soldamiento , la fundición debe someterse

a calentamiento y enfriamiento para aliviar las tensiones residuales.

Las aplicaciones para las aleaciones todo β incluye moldaduras estructurales, rodamientos de alta presión, tuercas, piñones, etc.

El uso de éstas aleaciones en ambientes corrosivos tales como agua salada, amonio, ácidos y en contacto con metales fundidos (mercurio, soldaduras, etc.) debe evitarse. Esto se debe a que éstas aleaciones están sujetas a fallas por resquebrajamiento por tensión-corrosión en éstos ambientes.

Las aleaciones más débiles α-β tienen algo mejor de resistencia a la corrosión y tienen aplicaciones en piñones, válvulas y acoples marinos. Su resistencia a la pérdida de zinc en agua salada se incrementa en algo al añadir pequeñas cantidades de estaño, aunque su popularidad previa para el uso en hélices de barcos ha disminuído en favor de cierto grados de bronces aluminiados.

Para ciertas aplicaciones se basan condiciones ciertas y experiencias del diseño del moldeado.

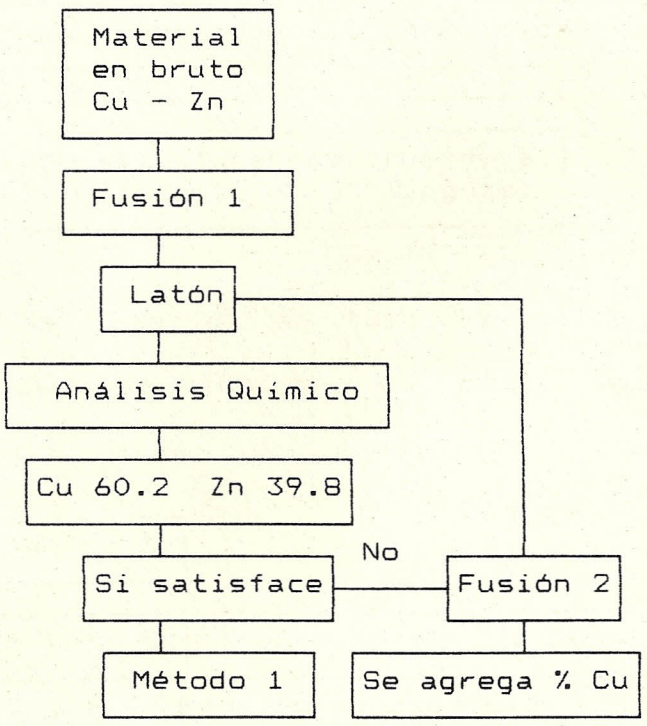
ESPOL 1958 POLITECNICA NACIONAL

CAPITULO II

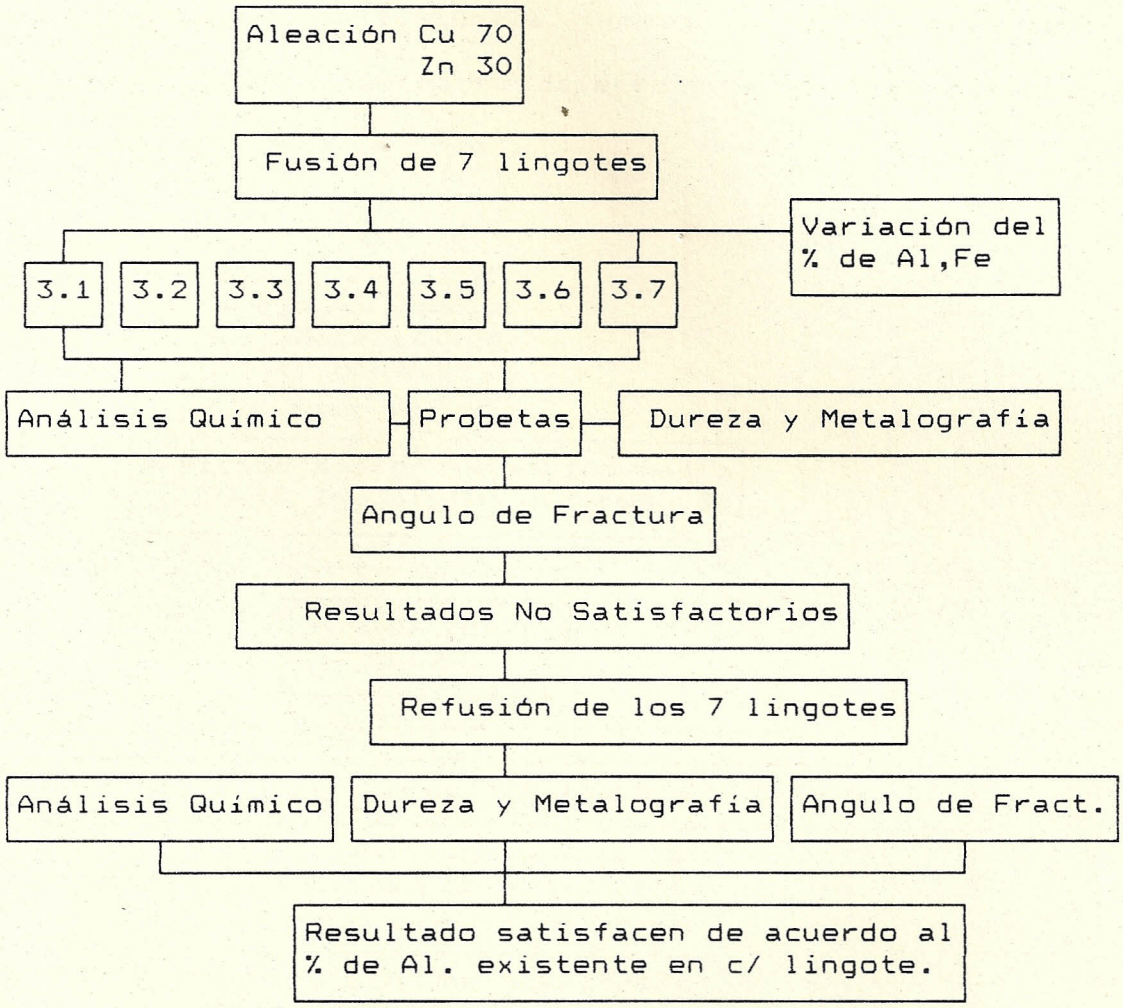
- TRABAJO EXPERIMENTAL.-

2.1 Método experimental.-

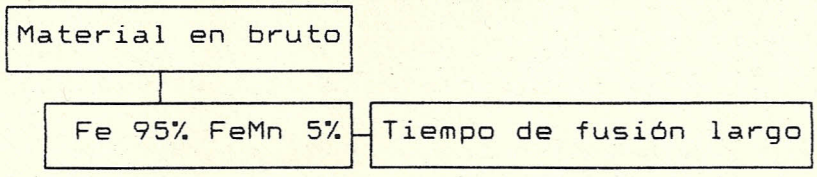
El objetivo de la presente experiencia es crear distintas etapas de fusión, control de pérdida de cada uno de los elementos y la influencia del Aluminio en ésta aleación. La primera etapa de trabajo consistía en llegar a tener primeramente el latón, es decir una aleación que iba a estar compuesta de un 70 % de Cu y un 30 % de Zn. Brevemente se presenta un diagrama de bloques de la etapa preliminar:



En la siguiente etapa de trabajo se va a controlar cada uno de los elementos, en particular se va a ver la influencia del Aluminio a fin de establecer su comportamiento.

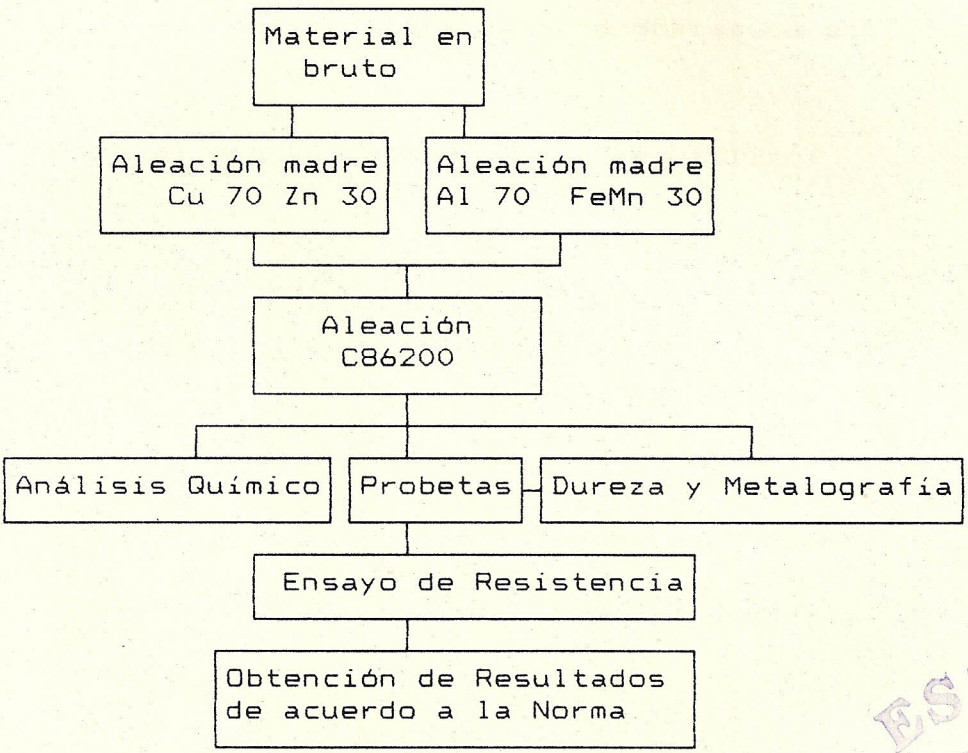


Luego de ésta etapa de trabajo, se tuvo la necesidad de crear un mejor proceso de fusión, es decir haciendo aleaciones madres. Otra etapa en consideración es la siguiente:



Esta etapa fracasó, ya que el FeMn no se disolvía.

Luego a dos muestras anteriores se les vuelve a fundir, ésta vez adicionándole FeMn con el fin de querer acercarse a una aleación normalizada pero los intentos fueron en vano ya que el FeMn tampoco se fusionaba. Ahora, con lo ya aprendido, se elabora una aleación madre diferente, para llegar a obtener lo que nos indica la norma.



ESPOL 1958 BIBLIOTECA LITORAL DETALLOS

2.2 MATERIALES Y EQUIPOS.-

El material utilizado para éste proyecto es el bronce al Manganeso , el cual se le adicionó diferentes contenidos de aluminio, para proceder al estudio de la influencia

que tendrá dicho elemento.

Para la fusión del material se usó:

- Lingoteras de hierro, tenazas.
- Crisol de grafito.
- Horno que usa propano como combustible.
- Un soplador de 2 pulgadas de descarga.
- Molde metálico para sacar probetas de ensayo.

Para el ensayo metalográfico se utilizó:

- Máquina pulidora de disco rotatorio con pasta de diamante para metalografía de 1/4 de micra para el pulido fino.

- Mesas para el pulido intermedio AB Buehler con papeles lijas números 180, 220, 320,400 y 500.

- Microscopio Olympus PME.

Para medir dureza se utilizó:

- Durómetro Brinell con una carga de 1500 Kg. y una bola de acero de 10 mm. (según recomendaciones de ASTM);, la misma que se hizo actuar sobre la muestra durante 10 segundos.

Preparación de las muestras.

Se obtuvieron en primer lugar 7 lingotes de bronce, el cual fue hecho con la adición de cobre y zinc.

Estos lingotes se analizaron para ver su composición química, dando como consecuencia a que se volviera hacer la fundición. Nuevamente obtuvimos lingotes, se analizó su composición química, con éstos resultados se formó con cada uno de los lingotes distinto tipo de aleación, el cual consistía en añadirle diferente contenido de aluminio y el mismo porcentaje de hierro para todas las pruebas. Estas fusiones corresponden a una misma temperatura ya que el % de aluminio era lo único que variaba.



Fig. 5 Horno de fusión y soplador

2.3 ENSAYOS PRELIMINARES

Donde un cierto número de las pruebas discutidas puede hacerse en la fundición hay otras que deben hacerse en laboratorio, con equipo avanzado y personal entrenado.

Para la primera prueba que me refería en el numeral anterior es la de ver su composición química el cual arrojó los siguientes resultados:

Elemento	% de composición
Cobre	60,2
Zinc	39,8

Como mencioné anteriormente éstos resultados no eran los esperados (70% Cu, 30% Zn).

No se tuvo el cuidado respectivo en cuanto a las pérdidas de cada elemento, con lo cual hubiesemos tenido un porcentaje cercano al que se requería.

Se le hizo los cálculos respectivos para ver que porcentajes de pérdidas tenía cada uno de los elementos, llegando a un resultado de para el cobre era alrededor

del 9% y del zinc del 15 %.

Para ésto se le añadió cierta cantidad de cobre puro, para incrementar el porcentaje de cobre y disminuir el porcentaje de zinc, el cual si trajo resultados favorables para la fundición ya que haciendo el análisis químico respectivo se llegó a que el porcentaje del cobre era del 69 % y del zinc del 30,2 %.

Teniendo éstos resultados se discutió y se hizo un debido análisis para comenzar hacer adiciones de aluminio y ferromanganeso, para formar en primer lugar los bronces al manganeso y en segundo lugar ver que incidencias o influencias iba a tener el aluminio.

2.4 PRUEBAS CON VARIACION DE COMPOSICION QUIMICA

En primer lugar, la fundición base se dividió en 7 lingotes , lo que quiere decir que cada lingote tenía el mismo porcentaje de cobre y de zinc.

Cada lingote iba a tener distinta composición química, los cuales van a ser porcentajes correspondientes entre el 2% y el 8% de aluminio y para todos los lingotes 1% de ferromanganeso.

Antes de proceder a presentar los resultados del

análisis químico efectuado es necesario conocer acerca del como se hizo dicho análisis. Se practicaron dos métodos, los cuales eran el método de electrólisis y el método de absorción atómica.

Método de electrólisis.

Consiste en primer lugar tener a la disposición viruta en una cantidad aproximada a 50 gr., luego de ésto se pesa aproximadamente en la balanza electrónica alrrededor de 0,250 gr. Teniendo ésto se lo lleva a un vaso agregándosele un poco de agua conjunto con ácido nítrico aproximadamente 3 ml, esperando un tiempo determinado hasta que se disuelva, debo hacer notar que algunas soluciones necesitan calentarse para poder disolverse, a veces también participa en la solución el ácido clorhídrico.

Se lleva a un recipiente todas las muestras donde se le va a agregar un poco más de agua hasta llegar a obtener el volúmen deseado. Luego se lo lleva a tubos especiales, los cuales tienen o almacenan volumen de 25 ml, 50 ml, etc.

Se lo debe batir bien, hasta que el color del liquido que presente dicho envase sea igual en todo su volúmen. Una vez realizado esta fase se coge en una pipeta

alrrededor de 10 ml. y se lo lleva a otro envase el cual tiene características especiales, agregándosele agua destilada, y se lo lleva al equipo de electrólisis.

Este equipo consta de un cierto amperaje, el cual ha de trabajar con 0,5 amp., consta además de una malla, la cual tiene que ser pesada antes de comenzar a poner en funcionamiento el equipo.

La malla tuvo un peso promedio de 18,5756 gr., una vez realizado ésto, llevamos esta malla al equipo y se pone en funcionamiento junto con el vaso que anteriormente me refería, justo a lo que se pone a funcionar comienza a batirse el líquido, y poco a poco se va adheriendo a las paredes de la malla el cobre, este proceso lo puede hacer durante el tiempo de 10 min. , realizado dicho proceso se desconecta el equipo, se le echa un poco de alcohol a la malla llevándolo a una estufa para que el secado sea lo más pronto posible sin dejar que se presenten capas de oxidación.

Una muestra en cálculos es la que se presenta a continuación:

Peso de la malla: 18,5756 gr.

Peso de la malla después de la electrólisis: 18,6078 gr.

Diferencia: 0,0322 gr.

Solución a 50 ml.: 0,0322*50= 1,61

Se lo lleva a porcentaje: 1,61 * 100 / 251 mg. (de la primera muesta) = 64,14 % Cu.

De ésta muestra se hiciero 5 análisis las cuales dieron una media de 64% de Cu.

Se aplicó otro método para determinar el porcentaje no solamente del Cu sino de los demás elementos, análisis que habiéndose hecho en ocasiones anteriores daban resultados más exactos en cuanto a porcentaje de cada material.

El método a seguir corresponde al equipo de absorción atómica.

Aquí las muestras son disueltas usualmente en ácidos, para formar soluciones de sales metálicas. Esta solución se introduce lentamente, pulverizada, en las cámaras de combustión del aparato donde se pone en contacto con el calor intenso de una llama de acetileno. Este calor destruye los enlaces moleculares de los compuestos químicos en la solución y libera átomos metálicos hacia la llama.

Luz de una longitud de onda ( ) seleccionada, característica del metal que se analiza, es pasada a través de la llama y cae a un aparato fotoeléctrico.

Esta luz es producida por una lámpara de cátodo hueco, una lámpara distinta requerida para cada metal.

Para comparación, un rayo de luz va al sensor sin pasar por la llama, debido a los átomos metálicos en la llama una cantidad de luz de la lámpara será absorbida mientras pasa, dependiendo de la concentración del metal. El grado de absorción se mide y se registra como valor de porcentaje.

Ya que sólo se puede analizar un elemento por vez, éste método consume más tiempo que la espectroscopía, pero es algo más sensible, y puede aplicarse a mayor rango de análisis sin recalibrar.

Se puede mejorar incorporando microprocesadores con un costo inicial mayor.

Se fue haciendo muestra por muestra, ya que tenía una cantidad de siete muestras, a la primera muestra se le hizo el análisis de todos sus elementos y a las demás muestras sólo el análisis del aluminio, que era realmente el que más importaba, en la realización de

éste trabajo.

Como un muestreo de los cálculos de este método seguido se puede decir lo siguiente:

Análisis del Cobre

	Absorbancia	Concentración	Disolución
St	0,083	2.00	-
St	0,164	4,00	-
m_L	-	1,65	4
m_m	-	1,00	4

Para m_1.

$$\frac{1,65 * 25 * 50 * 25 * 25 * 100 * 10^{-6}}{0,251 * 8} = 64,19\ \%\ Cu.$$

Debo hacer notar que m_1= 0,251 gr. diluído en la siguiente forma:

m_1 - 25 - 1

2 - 50 - 2

2 - 25 - 3

2 - 25 - 4

ESPOL 1958 ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS" F.I.M.C.P.

Para la muesta m_m = 0,3002 gr. se hizo distintas

soluciones en éste mismo material y se llegó al resultado de 65,06 % de Cu.

Después de varias pruebas, un promedio que daba del porcentaje de cobre era alrrededor de 64,5 %, igual cosa se hizo para los demás materiales, pudiéndose ver todos su valores encontrados en una tabla próxima a mostrar.

También se hizo otra prueba variando la composición química del aluminio, la cual consistía en fracturar ca da probeta,determinándose luego el ángulo de fractura que tendría cada una, y a la vez el tamaño de grano que iba a tener cada probeta, es importante decir que éste examen se lo hacía a través de una inspección visual.

Esta tabla sobre fractura estará en el numeral correspondiente a resultados obtenidos.

También hubo pruebas de dureza en el cual fue utilizado el durómetro Brinell cuya tabla también se expone en una parte posterior.

En cuanto a lo que tiene que ver a la metalografía, se hizo el método normalmente empleado para dicho examen, se le tomó fotos a cada una de las muestras para ver su microestructura, y compararlas con las que originalmente son para ésta aleación.

Se volvió a refundir el material existente, es decir todas las aleaciones volvieron a fundirse, ésta vez haciendo el debido control de las pérdidas existentes de cada uno de los elementos añadiendo todo el material necesario con el fin de que al hacer nuevamente un análisis químico nos diera el valor o porcentaje requerido para ir cumpliendo con el objetivo del trabajo.

Esta vez se hizo el análisis de todos los elementos en cada una de las aleaciones, a fin de comprobar el verdadero comportamiento de cada uno, dándonos unos resultados más satisfactorios que la vez anterior.

Se procedió a elaborar una aleación basada en la norma, para ésto se creó una metodología de trabajo,es decir comenzando al control de pérdida de cada uno de sus elementos, luego variando su composición química de acuerdo a lo que decía la norma, controlando siempre la cantidad de Fe ya que podría traer problemas al fundido, elaborándose luego tablas correspondientes a ensayos de tracción, dureza y metalografía.

2.5 **Control de calidad de la fusión.**

Control del fundido.

Este término indica el control del horno y condiciones

atmosféricas para obtener material derretido de la calidad adecuada para producir colados de alta calidad.

Esta es una de las variables del proceso que actúan para determinar la calidad del colado. Otras variables se identifican a continuación:

1- Selección del horno.- el tipo de horno influye al control de la calidad del fundido. Distintos procedimientos de derretimiento se recomiendan de acuerdo a la unidad utilizada.

2- Fluidez.- La complejidad del colado y el tamaño de la sección normalmente dictan la temperatura de vertido. Temperaturas más altas hacen el control químico y de los gases más difícil de obtener.

3- Materiales.- Todos los materiales producen gases en ciertos grados, y éstos, junto a los gases producidos durante el proceso dan como resultado colados gaseosos.

4- Propiedades mecánicas.- generalmente se proveen las propiedades típicas de colado de materiales y aleaciones. Nótese que el control del fundido es importante en obtener tales propiedades.

Pérdidas del fundido.-

Aunque cargas de lingotes secundarios están dentro del rango químico especificado, puede haber pérdidas en fundiciones con sobras. Las causas más comunes son formaciones de natas por reacciones con la atmósfera, material refractario, y pérdidas por vaporización de elementos de punto de ebullición bajo.

a) Formación de nata. (escoria).-

Se dá en las aleaciones de base de cobre debido a la interacción con la atmósfera y el metal. Como no se puede excluir la atmósfera, éstos efectos deben considerarse. Por ejemplo, productos de combustión de un horno de gas contienen mucho vapor de agua que reacciona con el metal y forma nata.

De todas formas, se pueden usar varias técnicas para minimizar la formación de nata . Así mismo, tiempos cortos de mantenimiento a una temperatura dada también produce menos nata.

- El uso de refractarios o crisoles inertes al fundido resulta que se dé menos nata. La práctica de usar crisoles de grafito presume que el carbón en el crisol reacciona con la atmósfera en vez del

ESPOL 1958

metal con la atmósfera. Pero, la presencia de óxido en el grafito permite alguna formación de escoria, (el uso de crisoles, todos de carbón no es posible porque se oxidan o queman a las temperatura de operación con aleaciones a base de cobre).

- Pueden usarse cubiertas para el derretido, con el fin de excluir la atmósfera del proceso, pero los resultados no son constantes. Carbón es un ejemplo de material para cubrir el derretido, pero no puede usarse con aleaciones a base de cobre que tengan níquel debido a la solubilidad del carbón.

En resumen, las pérdidas de material por formación de nata pueden minimizarse usando temperaturas más bajas, tiempos de mantenimiento en el horno más cortos, crisoles de materiales inertes y aplicación de cubiertas en el derretido.

ESPOL 1958 ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"

2.6 RESULTADOS OBTENIDOS.

En ésta primera etapa se formó la aleación madre Cu-Zn, cálculos de pérdida, posteriormente adiciones de Al, Fe, y ver luego sus resultados, los cuales muestro a través de la siguiente tabla:

Tabla A

Ens.	% Proyect.		% Obtenido		Pérdid fusión		Modificación		Materiales de partida	% Obt.	
-	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn	-		-	Al	Fe
1	70	30	60.2	39.8	-	-	-		Puros	-	-
2	70	30	69.0	39.2	9.2	11	15%Cu		Ensayo 1	-	-
3	Preparación de 7 lingotes						Al	Fe	Ensayo 2	Al	Fe
3.1	-		64.5	32.7	6%	8.3	2 %	1%	"	1.4	0.23
3.2	-		-	-	-	-	3	1	"	1.6	-
3.3	-		-	-	-	-	4	1	"	3	-
3.4	-		-	-	-	-	5	1	"	4.1	-
3.5	-		-	-	-	-	6	1	"	4.3	-
3.6	-		-	-	-	-	7	1	"	4.8	-
3.7	-		-	-	-	-	8	1	"	5.1	-

Como vemos sólo de la primera muestra se hizo el análisis químico de todos sus elementos, mientras que a las demás muestras solamente el aluminio.

Tabla B

correspondiente al ensayo 3.

Esta tabla corresponde a los ensayos sobre dureza y ángulo de fractura de las distintas muestras en las cuales vemos que influencia causa en la aleación, el Aluminio.

Muestra	% Al	Dureza BHN	Angulo de Fractura (Grados)
3.1	1.40	103	170
3.2	1.60	170	90 *
3.3	3.00	170	45 **
3.4	4.10	182	32
3.5	4.30	188	5
3.6	4.8	239	2
3.7	5.1	256	0

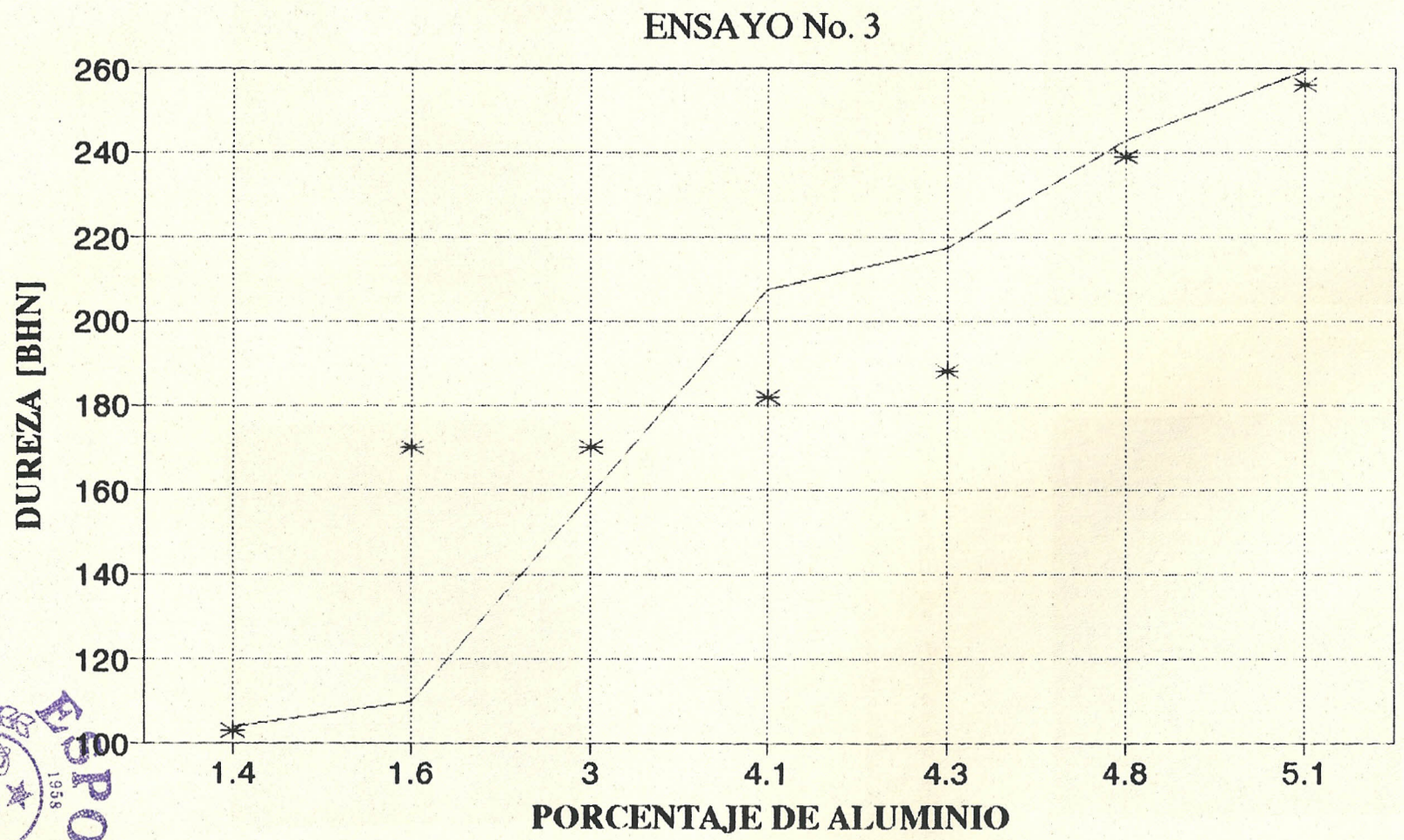
Nota:

* Tamaño de grano medio fino.

** Tamaño de grano basto.



FIG. 5 A INFLUENCIA DEL ALUMINIO EN LA DUREZA DE LAS ALEACIONES BRONCES AL MANGANESO



ESPOL
1958
SUPERIOR

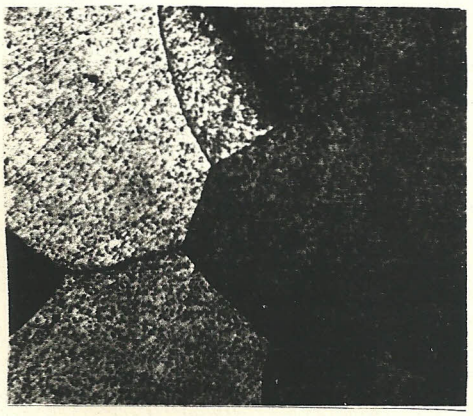
Ensayo 3.1



Dicromato de Potasio 100X

Fig.6 Fotomicrografía de Cu,Zn, Al 1.4 %, Fe 0.225

Ensayo 3.2



Dicromato de Potasio 100X

Fig.7 Fotomicrografía de Cu,Zn, Al 1.6 %, Fe

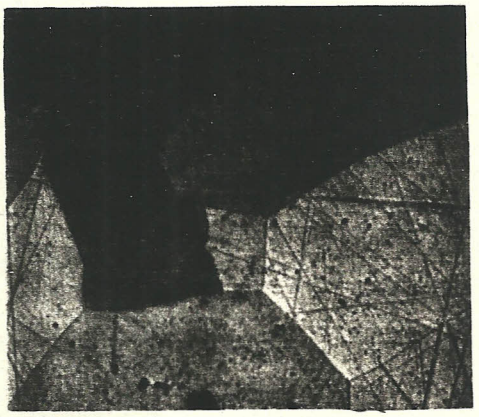
Ensayo 3.3



Dicromato de Potasio 100X

Fig.8 Fotomicrografía de Cu,Zn, Al 3 %, Fe.

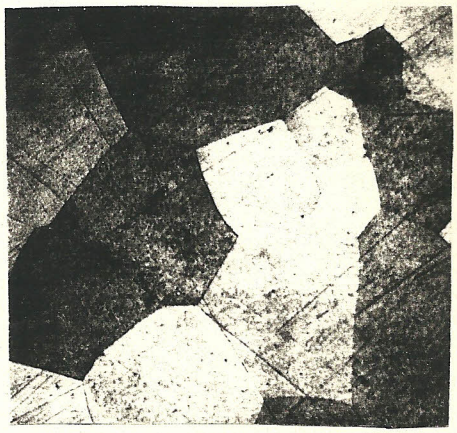
Ensayo 3.4



Dicromato de Potasio 100X

Fig.9 Fotomicrografía de Cu,Zn, Al 4.1 %, Fe.

Ensayo 3.5



Dicromato de Potasio 100X

Fig.10 Fotomicrografía de Cu,Zn, Al 4.3 %, Fe.

Ensayo 3.6



Dicromato de Potasio 100X

Fig.11 Fotomicrografía de Cu,Zn, Al 4.8 %, Fe.

Ensayo 3.7



Dicromato de Potasio 100X

Fig.12 Fotomicrografía de Cu,Zn, Al 5.1 %, Fe.

En lo que respecta a la 2da. parte de la experiencia, se ha vuelto a refundir las muestras anteriores, debido a que con lo anterior no se estaba satisfecho, con el fin de obtener un mejor resultado, en cuanto al porcentaje químico de todos los elementos presentes en cada una de las muestras.

Tabla C.

	Concentración				% Obtenido			
Ensayo	Cu	Zn	Al	Fe	Cu	Zn	Al	Fe
1	1.75	0.88	6.7	0.1	67.54	33.96	1.66	0.31
2	1.70	0.83	5.3	0.4	66.24	32.34	1.32	1.24
3	1.60	0.77	16	0.1	62.5	30.08	3.9	0.31
4A	1.63	0.77	17	0.1	63.59	30.04	4.17	0.31
4B	1.62	0.77	17	0.1	62.5	29.71	4.19	0.31
5A	1.63	0.81	14	0.1	63.37	31.49	3.46	0.31
5B	1.70	0.80	14	0.1	65.56	30.85	3.44	0.31
6	1.55	0.75	19	.15	60.43	29.24	4.69	0.46
7A	1.61	0.76	23	.15	62.42	29.46	5.71	0.46
7B	1.55	0.78	23	.15	59.92	30.15	5.56	0.46

Aquí se presenta valores de concentración con los cuales se trabaja para sacar el valor en porcentaje de cada uno de los elementos.

ESPOL 1958 ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL BIBLIOTECA GONZALO ZEVALLOS G.

Tabla D

En ésta tabla, se muestra la dureza obtenida, y a su vez el ángulo de fractura de cada probeta vuelta a fundir.

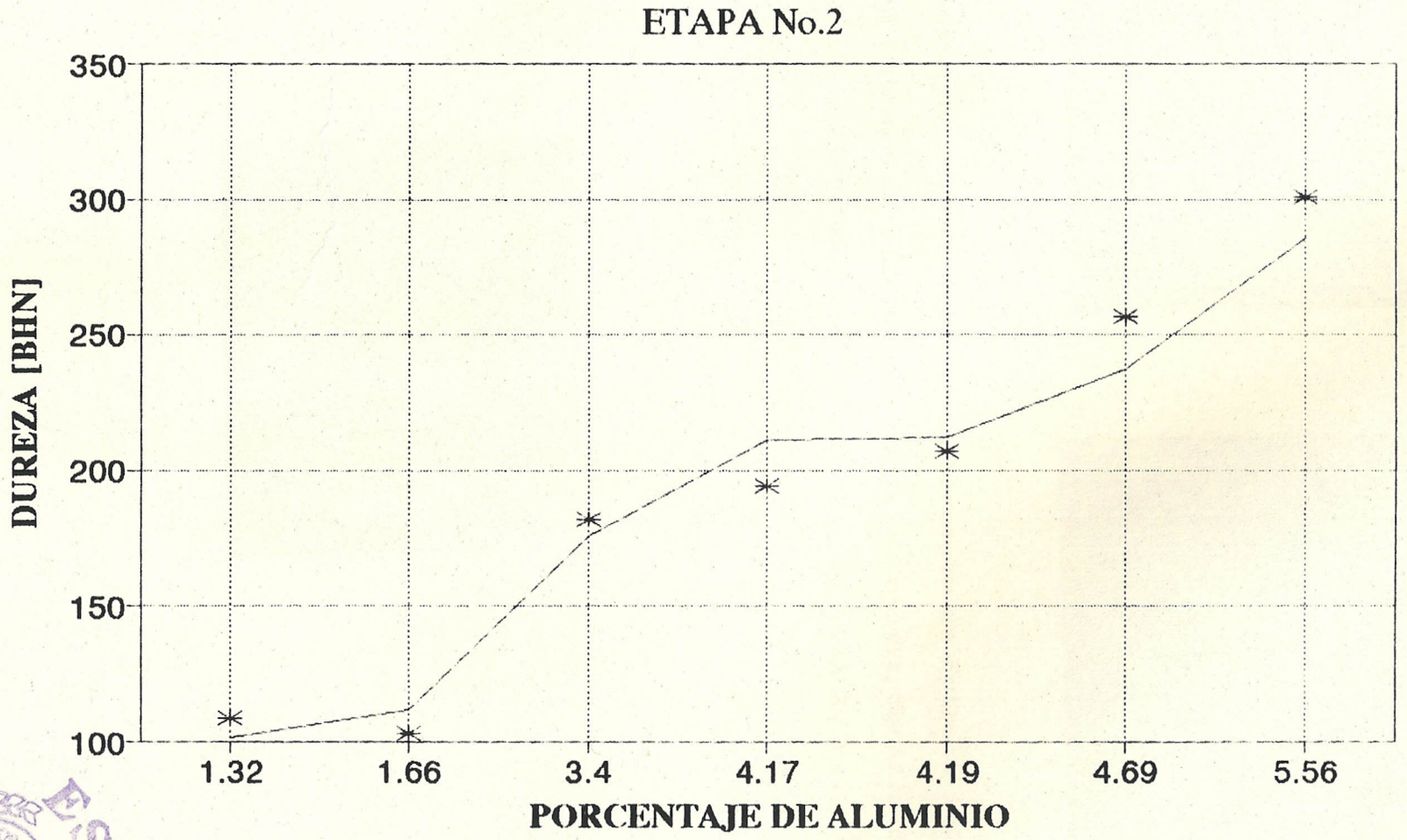
Muestra	% Al	Dureza BHN	Angulo de Fractura (Grados)
1	1.66	103	171
2	1.32	109	90
3	3.4	182	67
4A	4.17	194	52
4B	4.19	207	48
5A	3.46	207	24
5B	3.44	207	22
6	4.69	257	6.5
7A	5.70	275	1.15
7B	5.56	301	1.2

Nota:

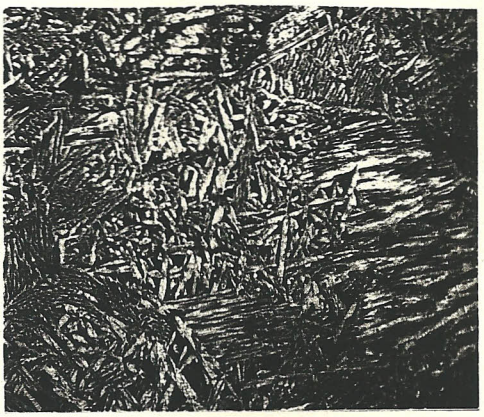
Las muestras 4A y 4B corresponden a una misma probeta, lo que pasó que en el momento de fracturarse salieron de distinto color la parte interior de la probeta, así mismo pasó para las muestras 5A y 5B e igualmente ocurrió lo mismo para la muestra 7.

Se presenta a consideración un gráfico de Dureza vs % de Aluminio del cual se hará un análisis posterior. Luego las fotomicrografías de cada muestra presente en éste trabajo.

FIG. 12 A INFLUENCIA DEL ALUMINIO EN LA DUREZA DE LAS ALEACIONES BRONCES AL MANGANESO



Muestra 1



Dicromato de Potasio 100X

Fig.13 Fotomicrografía de Cu,Zn, Al 1.66 %, Fe.

Muestra 2



Dicromato de Potasio 100X

Fig.14 Fotomicrografía de Cu,Zn, Al 1.32 %, Fe.

Muestra 3



Dicromato de Potasio 100X

Fig.15 Fotomicrografía de Cu,Zn, Al 3.9 %, Fe.

ESPOL 1958 ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS" F.I.M.C.P.

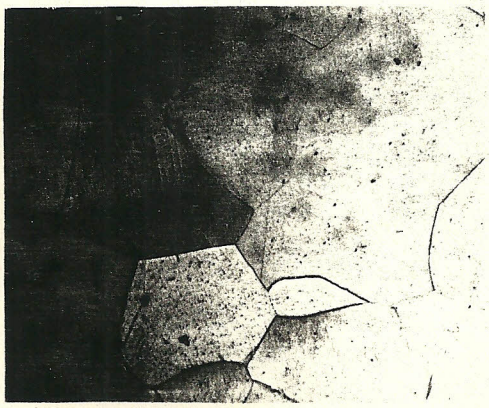
Muestra 4 A



Dicromato de Potasio 100X

Fig.16 Fotomicrografía de Cu,Zn, Al 4.17 %. Fe.

Muestra 4 B



Dicromato de Potasio 100X

Fig.17 Fotomicrografía de Cu,Zn, Al 4.19 %, Fe.

Muestra 5 A



Dicromato de Potasio 100X

Fig.18 Fotomicrografía de Cu,Zn, Al 3.46 %. Fe.

Muestra 5 B



Dicromato de Potasio 100X

Fig.19 Fotomicrografía de Cu,Zn, Al 3.43 %, Fe.

ESPOL 1958

Muestra 6



Dicromato de Potasio 100X

Fig.20 Fotomicrografía de Cu,Zn, Al 4.69 %. Fe.

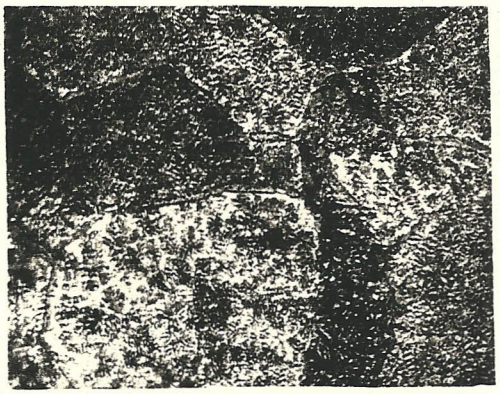
Muestra 7 A



Dicromato de Potasio 100X

Fig.21 Fotomicrografía de Cu,Zn, Al 5.71 %, Fe.

Muestra 7 B

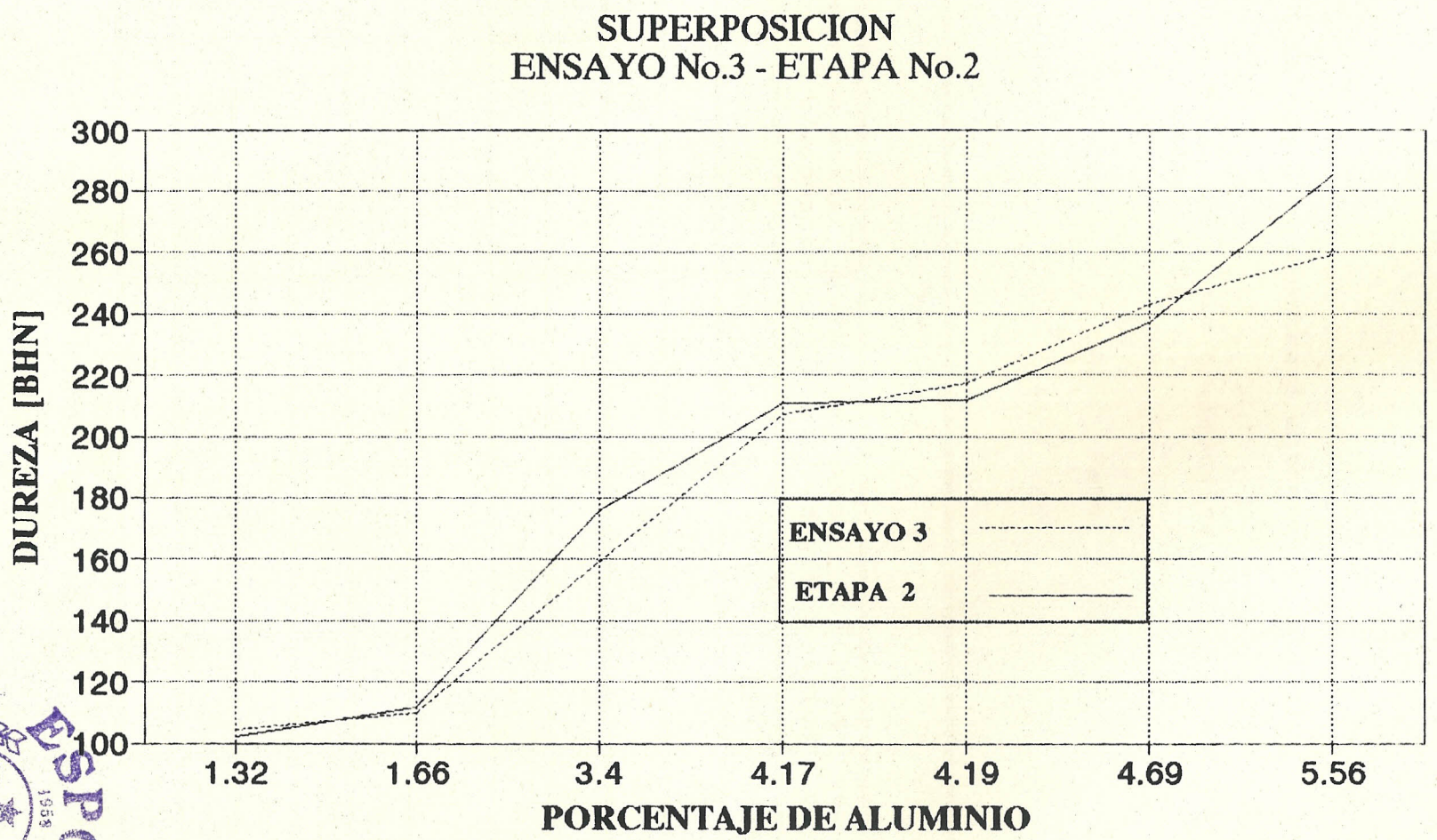


Dicromato de Potasio 100X

Fig.22 Fotomicrografía de Cu,Zn, Al 3.43 %, Fe.

ESPOL 1958 ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL BIBLIOTECA GUAYAQUIL-ECUADOR

FIG. 22A INFLUENCIA DEL ALUMINIO EN LA DUREZA DE LAS ALEACIONES BRONCES AL MANGANESO



BIBLIOTECA ESPOL

En cuanto a la tercera parte de la experiencia en la cual se adicionó el ferromanganes se formó la siguiente tabla de resultados:

Tabla E (Se cogió la muestra 3 anterior y la 4B)

Para un peso total de 614 gr.(muestra 3) y un peso total de 290.8 gr. (muestra 4 B)

	Cu	Zn	Al	FeMn
% Proyectado	65	25	4	6

Muestra 3					
% actual	Peso actual de c/elemento	Pérdidas por fusión	Peso requerido	Compensación	Peso final
62.5 Cu	383.75 gr	9 %	399.1	15.35	414.45
30.08Zn	184.69	11 %	153.5	-	153.5
3.9 Al	23.95	1 %	24.56	-	24.56
0.31Fe	1.9	-	-	-	-
-FeMn	-	-	36.84	-	36.84
Muestra 4B					
62.5 Cu	181.75gr	9 %	189.02	16.35	205.38
29.71Zn	86.39	11 %	-	-	86.39
4.19Al	12.18	1%	-	-	12.18
0.31Fe	0.901	-	-	-	-
-FeMn	-	-	17.45	17.45	17.45

Se hizo una cuarta experiencia en la cual se trataba de hacer una aleación madre, fusionando el Cu con el FeMn pero se presentaron muchas pérdidas del Cu por lo cual fue un trabajo sin logro alguno, he aquí una pequeña tabla de ésta experiencia:

Tabla F

Elemento	Peso	Tiempo de fusión
Cu	1000 gr	
FeMn	5%	25 min
FeMn	10%	44 min

ESPOL
1946
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA 'GONZALO ZEVALLOS'
F.I.M.C.P.

Se elaboró la última parte de la experiencia partiendo de la tabla G, H , I, J, para luego elaborar los resultados finales, es decir para una aleación normalizada se crearon 4 coladas diferentes a fin de establecer si lo aprendido hasta el momento daba resultados convenientes.

Para las tablas G, H, I, J, el % proyectado es de 65 para el Cu, 25 Zn, 4 Al, 3 Fe, 3 Mn.

Tabla G

Aleación Prueba 1	Peso total (gr)	% Anterior	Peso	% Pérdida	Peso de ajuste	Peso final
Cu	1000	64	640	11.56	73.98	713.98
Zn		36	360	11	-	320.40
Al	70.95	67.12	47.6	5	2.38	50
FeMn		17.36	12.3	-	25	37.32

Tabla H

Aleación Prueba 2	Peso Total	% Anterior	Peso	% Pérdida	Peso de ajuste	Peso final
Cu	1083	64	693	11.56	80.17	773.7
Zn		36	390	11	-	347.09
Al	70.9	67.12	47.6	5	2.38	49.05
FeMn		17.36	12.3	-	25	37.31

Tabla I

Aleación Prueba 2	Peso Total	% Anterior	Peso	% Pérdida	Peso de ajuste	Peso final
Cu	1158	64	741.	11.56	85.70	827.1
Zn		36	417	11	-	371.22
Al		67.12	47.6	50	23.8	71.4
FeMn		17.36	12.5	-	25	37.48

Tabla J

Aleación Prueba 3	Peso Total	% Anterior	Peso	% Pérdida	Peso de ajuste	Peso final
Cu	1143	64	732	11.56	84.59	816.37
Zn		36	412	11	-	366.34
Al	60.9	67.12	40.9	50	20.44	61.305
FeMn		17.36	10.6	-	35.57	35.57

Tabla K

	% Elemento					
Muestra	Al	Cu	Fe	Zn	Mn	Total
1	4.53	64.12	2.8	25.38	3.02	99.85
2	3.85	64.58	2.95	25.85	3.4	100.63
3	4.38	64.34	2.87	25.27	3.2	100.06
4	4.22	63.89	3.07	25.50	3.32	100.3

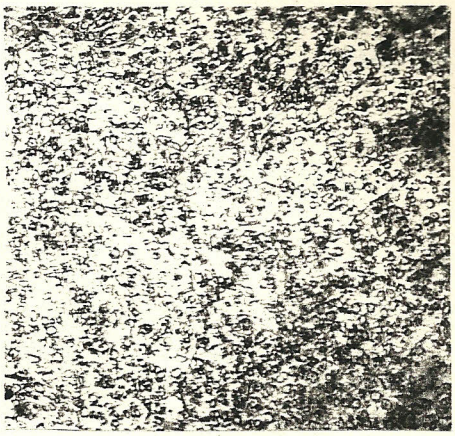
Tabla L

Muestra	Aleación	Diámetro de Identación (mm)	Dureza BHN
1	86200	2.8	239
2		2.8	239
3		2.45	313
4		2.4	327

Tabla LL

#	Diam de la muestra (mm)	Long. inicial (mm)	Long. final (mm)	Límite de fluencia Kpsi	Resist. tracción Kpsi	% Alarga-miento
1	9.16	35	42.0	74.3	86.2	16.67
2	9.2	35	40.1	67.25	82.2	12.7
3	9.16	35	41.5	64.6	84.0	15.67
4	9.14	35	40.6	64.46	83.6	13.7

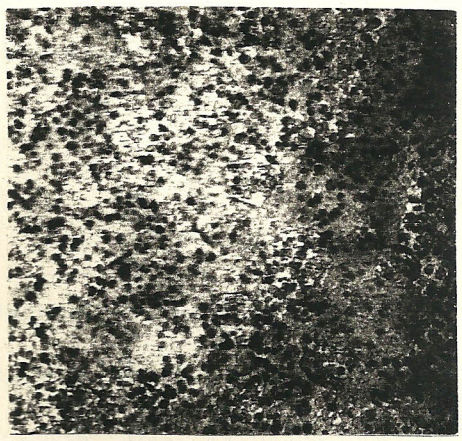
Probeta 1



Dicromato de Potasio 100X

Fig.23 Fotomicrografía de Cu, Zn, Al 4.53, Fe, Mn.

Probeta 2



Dicromato de Potasio 100X

Fig.24 Fotomicrografía de Cu, Zn, Al 3.85, Fe, Mn.

Probeta 3



Dicromato de Potasio 100X

Fig.25 Fotomicrografía de Cu, Zn, Al 4.38, Fe, Mn.

Probeta 4



Dicromato de Potasio 100X

Fig.26 Fotomicrografía de Cu, Zn, Al 4.22, Fe, Mn.

CAPITULO III

Discusión de Resultados.-

3.1 PROCESO DE FUSION.-

Analizando dicho proceso, existen diversos factores que afectan las propiedades mecánicas de un elemento, y entre los más importantes citaremos los siguientes: La composición química, el tamaño de grano, el proceso de fusión en sí, la calidad de la materia prima y el proceso de colado de probetas.

Composición Química.-

El objetivo de éste trabajo es ir creando fusiones con el fin de llegar a establecer una metodología de trabajo a punto de poder fabricar una aleación normalizada. En la primera etapa (Tabla A) la composición química de la aleación Cu-Zn dieron resultados no deseados, pero haciéndole una ligera modificación se llegó a establecer el porcentaje requerido, pudiéndose hacer cálculos de pérdidas de material de éstos dos elementos. Siguiendo el análisis, una vez añadido cierto porcentaje de aluminio a cada una de las muestras como vemos en la tabla A, y luego en la tabla B resulta que la dureza en cada muestra también aumentaba, más esto se demostraba

al hacerle el ensayo de fractura, pero en cierto modo los resultados no eran muy halagadores, por lo que fue necesario refundir éste material, obteniéndose luego su composición química, resultados dados en la tabla C, luego vemos que el porcentaje de Aluminio para cada muestra iba aumentando y al aplicarle el ensayo de fractura en cierto modo afectaba a la dureza del material, es decir también ésta aumentaba. Se debe hacer notar que existieron dos ensayos en que hubo segregación de material, es decir la parte interior de la probeta tenía 2 colores diferentes, pero al hacerle el exámen de composición química éste no variaba casi nada de la una con respecto a la otra.

Además con los 2 gráficos puestos a consideración, la tendencia es que la Dureza vaya en sentido creciente conforme el porcentaje de Aluminio va aumentando, pero se quería algo más exacto, entonces se ayudó del programa MathCad donde se le buscó la tendencia a seguir, por lo que se hizo una sobreposición del uno con respecto al otro, dándonos el resultado de que la Dureza siempre iba en sentido creciente conforme el % de Al aumentaba. Luego se realizaron pruebas con 2 muestras correspondientes a la etapa anterior, tratando de llegar a homologar una aleación, pero los resultados no fueron satisfactorios, ya que al hacerle un examen visual no era una fundición recomendable para algún tipo de aplicación.

En cuanto a la última etapa de trabajo, la composición química dieron resultados satisfactorios comprobándose que la aleación había sido perfectamente homolgada ya que la resistencia a la tracción era la recomendable por la norma. (Véase apéndice A).

Tamaño de grano.-

En la tabla A nos dá valores de porcentaje de Fe de solamente un ensayo, el cual era totalmente bajo, por lo que al hacerle el ensayo de fractura el tamaño de grano era demasiado grande, el cual no daba confiable dicha fundición.

Se era necesario elaborar una tabla en el cual aparecieran varias pruebas con distinto % de Al y de Fe (tabla C) , en cuanto al porcentaje de Fe éste era muy pequeño para todas la muestras, lo cual daba que el tamaño de grano sea demasiado grande, comprobándose ésto al hacerle el ensayo de fractura a cada una de las muestras, siendo tampoco muy recomendable para la fundición en cuestión.

Ya refiriéndonos a la última etapa de trabajo el tamaño de grano dió bastante fino, véase tabla K , la cual nos indica que el porcentaje de Fe era el que recomienda la norma.

Nota:

Todos éstos ensayo de fractura se los hizo a través de una inspección visual.

Proceso de fusión.-

Conociéndose el objetivo de éste trabajo , llegando a establecer varias etapas de trabajo, se encontró diversos defectos en la fusión del material, los cuales serían porosidad, rechupes, fisuras en las probetas, pudiendo ser causa una combustión mal hecha, es decir la proporción combustible- aire no fuera lo recomendable, o también no haberse creado la llama necesaria para un buen fundido del material.

El tipo de horno usado es de buen funcionamiento, se alcanzaba altas temperaturas de trabajo, igual se podría decir del combustible usado, a pesar de que éste tipo de combustible ocasionan formación de H2.

Otra forma de ver es que la porosidad podría haber sido causada por la ausencia de oxígeno en el horno, debiéndose enfatizar que deber haber un control cercano de la atmósfera del horno, e incluso ésto podría llevar a errores de juzgamiento.

Calidad de materias primas.-

Sobre éste aspecto vale ser claro que no se hizo el análisis adecuado para ver si era 100 % puro el material a utilizarse, por lo cual la calidad del trabajo se pudo ver perjudicado, debiéndose en lo posterior hacerse pruebas antes de utilizar material sin saber su verdadera composición química.

Proceso de colado de probetas.-

El molde deberá estar perfectamente ubicado dándole una ligera inclinación, debiéndose vertir lo má rápido posible y a la temperatura menor posible.

Estos 3 factores deberían de haberse aplicado de la mejor manera, para no encontrar fallas en las probetas después del colado, cosa que varió en cierto sentido ya que muchas de ellas se encontraban con fallas.

3.2 CARACTERIZACION DE LAS ALEACIONES.-

En base al análisis hecho en todo el proceso de fusión se hace necesario conocer los requisitos indispensables para la elaboración de una aleación homologada.

Para ésto el control de pérdida del material en

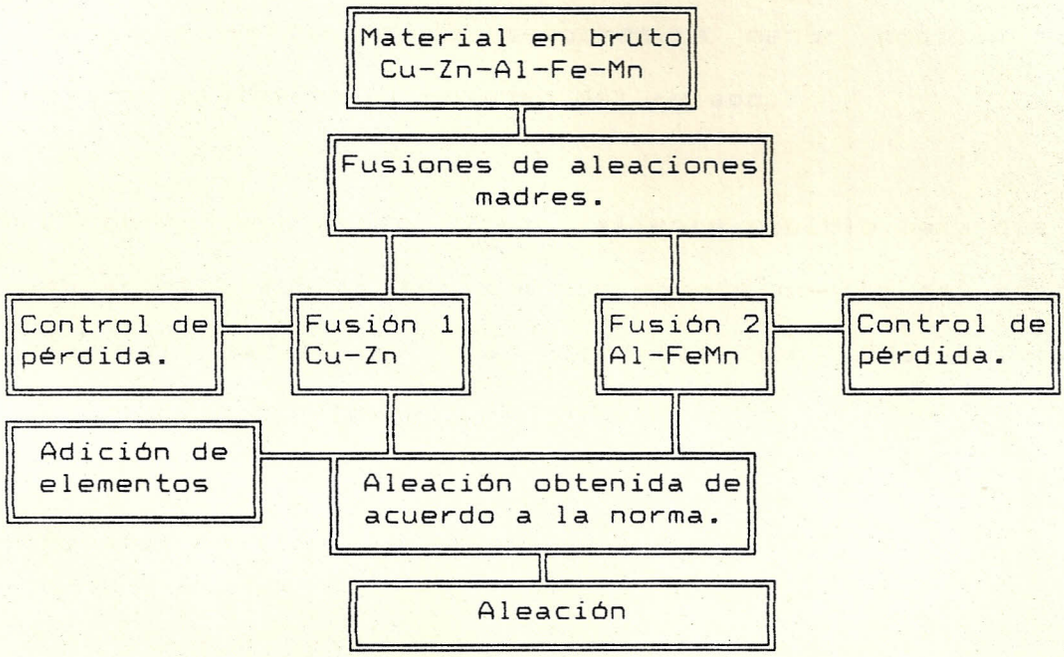
porcentaje es uno de los factores más importantes de tratar, teniendo además muy presente el grado o cantidad de aluminio en agregar, dejando éste punto según la resitencia del material que requiera el fundidor.

Además, el tamaño de grano debe ser afinado, para lo cual el porcentaje de Fe debe ser el adecuado, ahora con la experiencia obtenida en éste trabajo se está en la capacidad de elaborar cualquier aleación normalizada, sin tener problema de ninguna clase.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-

Conclusiones.-

Lo más importante de éste trabajo es haber creado una metodología de trabajo, para homologar una aleación con respecto al Cu, he aquí un diagrama de bloques:



a.- Según gráficos se podría decir a mayor porcentaje de aluminio, mayor será la dureza del material, por lo consiguiente la resistencia será cada vez mayor.

b.- Debe de haber un estricto control de pérdida de cada uno de los elementos, en caso de no hacerlo podría ver problemas en obtener una aleación homologada.

c.- Debe de hacerse fusiones madres preliminares.

d.- Conociéndose los aspectos anteriores se está en la capacidad de elaborar cualquier tipo de aleación normalizada.

Recomendaciones.-

1.- Se debe vertir a la temperatura menor posible para evitar fallas en el momento del colado.

2.- El horno debe estar lo más caliente posible para que el material a fundir tenga menos tiempo dentro del horno, lo cual haría que las pérdidas de cada elemento disminuyan considerablemente.

3.- Ajustar la llama apropiada al horno.

4.- Adicionar fundentes y desoxidantes.

5.- Ajustar la proporción combustible- aire de los quemadores para tener llama levemente oxidante.

APENDICES.

Apéndice A

Para llegar a obtener una aleación homologada, en éste caso la aleación C86200 se debe cumplir con los siguientes puntos:

Resistencia a la tracción	-	90 Kpsi
Resistencia a la fluencia	-	45 "
Elongación	-	12 %

BIBLIOGRAFIA

1.- Metals Handbook 9 Edition Volume 15 Casting, pp.250-400

2.- Casting Copper-Base Alloys; American Foundry Men's Society, Des Plaines, Illinois, pp. 56-58, pp.83-88, pp. 104-110, pp. 139-140, pp. 213-225.

3.- Metals Handbook 9 Edition Volume 2, pp. 409-415

4.- Method of Chemical Analysis of Especial Brasses and Bronzes. ASTM 54.

5.- Higgins R.A., Applied Physical Metallurgy, Robert Kriesen Puglishing Company, 1983, pp.404-409.

6.- West E.G., Wiley Johnb & Sons, Copper and its alloys, pp.110-113.

ESPOL 1958 ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS" F.I.M.C.P.