

Método artesanal para la elaboración del Bronce al estaño UNS C 91700

Katusca Valle Navarro¹, Ignacio Wiesner Falconí²

¹Ingeniera Mecánica 2004

²Director de Tesis, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1971, Postgrado México, UNAM - Politécnica de México, Investigador Visitante del CENIM – España y el IPT – Brasil, Profesor de ESPOL desde 1975

RESUMEN

Se han realizado pruebas de fusión con chatarra de cobre de conductores y estaño puro para hacer aleación madre y aleaciones certificadas de acuerdo a la norma UNS C 91700 que es de gran utilidad para elementos que requieren de alta exigencia mecánica incluyendo grandes esfuerzos superficiales a velocidades medias y debido a su combinación de dureza, cualidades de superficie y resistencia a la corrosión son muy usados para fabricar las coronas de los reductores sinfín-corona, bombas, construcciones marinas.

Los resultados obtenidos han sido positivos y han sobre pasado los valores mínimos que exige la norma asegurando con esto la calidad de las aleaciones.

Para esto se establecieron métodos artesanales de trabajo y métodos de control apropiados para tener resultados confiables y reproducibles en las condiciones de talleres artesanales.

INTRODUCCIÓN

Los descubrimientos arqueológicos y los estudios de esta naturaleza hacen remontar la historia de los primeros objetos de bronce a unos miles de años antes de Cristo; sin embargo, todavía se emplean estas aleaciones ampliamente en los componentes mecánicos con alta exigencia en resistencia al desgaste por fricción y, aún siguen siendo en buena parte los elementos aleantes iguales a los empleados hace tres mil o cuatro mil años. Actualmente se obtienen resultados superiores, por estar perfeccionados los métodos de fusión y por ser mayor el conocimiento que se tiene de las recíprocas influencias de los elementos en sí y de las aleaciones por ellos formadas.

Conocimientos actuales de prácticas antiguas también identifican a las aleaciones de cobre al estaño en la elaboración de herramientas de taller para trabajar la caliza, materiales procesados manualmente en las construcciones de las grandes pirámides, así mismo para la elaboración de armas, utensilios de cocina y bisutería.

El interés que motiva al presente trabajo es mejorar la producción artesanal que brinda servicio a la gran industria en la fundición de piezas de desgaste. Se ha comprobado que en el medio de la fundición local la calidad no está regida por ninguna norma de fabricación y la calidad es muy variable por ello la información que aquí se presenta trata de suplir la debilidad del sector y más bien se aprovecha la información bibliográfica y la producida experimentalmente para verificar la calidad a

través del uso de una norma que como la UNS C 91700 que se considera internacionalmente.

CONTENIDO

Objetivo:

El objetivo de esta tesis es elaborar un método confiable para la producción artesanal de la llamada aleación de bronce al estaño por medio de la fusión de chatarra y metales comercialmente puros para tener una calidad ajustada a la norma norteamericana UNS C 91700.

Metodología

La técnica experimental que se usó para la elaboración de la aleación UNS C91700 se dividió en dos procedimientos.

El primero es aquel que utiliza una aleación madre por fusión constituida de cobre y estaño en partes iguales, se lingoteó el cobre faltante y para la elaboración de la aleación se procedió a fundir primero la aleación madre, luego añadir el cobre faltante lingoteado y más elementos de aleación para después ajustar a la composición química indicada en la norma.

El segundo procedimiento se denomina método directo que consiste en pesar todos los elementos de aleación y añadirlos uno a uno de acuerdo a su punto de fusión.

Pero previamente, se hizo pruebas para conocer el equipo, los materiales utilizados, las condiciones de trabajo y los controles necesarios para obtener las pérdidas típicas aproximadas al realizar las fundiciones de las aleaciones requeridas.

Con estos datos se encontró finalmente la aleación certificada por ambos métodos, con la cual el fundidor artesanal puede trabajar estando dentro de la norma.

Materiales y Equipo utilizado

EQUIPO UTILIZADO

Microscopio Leitz asistido
por computadora
Balanza de 20 kg, 8 kg
Pinzas (trocear el material)
Crisol de 20 Kg. 5kg, 3 kg
Pinzas (agarrar crisol)
Barra de hierro (mover colada)
Probetero metálico
Carbón vegetal
Vidrio molido
Horno de crisol
Termómetro digital

MATERIALES UTILIZADOS

Chatarra de cobre de conductores
Estaño 99.9% puro
Níquel puro 99.9%
Fosforo de cobre
Chatarra de plomo de uso sanitario,
plomo dulce
Diesel
Gas propano

En este primer procedimiento elaboramos dos aleaciones madre con diferentes porcentajes de elementos constituyentes. Así:

ALEACIÓN MADRE	Cu % Teórico	Sn % Teórico	Cu %Experim.	Sn %Experim.	% Pérdidas
1	51.47	48.53	53.67	46.33	2
2	51.35	48.65	58.1	41.9	6.75

Con la primera aleación madre se elaboró 8 aleaciones con diferentes porcentajes de elementos constituyentes:

COMPOSICIÓN PROPUESTA (%)					ALEACIÓN	ANÁLISIS QUIMICO (%)				
Cu	Sn	Pb	Ni	P		Cu	Sn	Pb	Ni	P
84,75	13,50	0,15	1,5	0,1	1	79,95	10,00	0,12	1,00	-
85,25	13,00	0,15	1,5	0,1	2	79,94	9,19	0,11	0,99	-
85,75	12,50	0,15	1,5	0,1	3	79,74	8,94	0,11	1,01	-
86,25	12,00	0,15	1,5	0,1	4	80,25	7,80	0,11	0,98	-
86,45	11,80	0,15	1,5	0,1	5	79,48	6,14	0,09	1,30	-
86,75	11,50	0,15	1,5	0,1	6	81,45	8,80	0,12	1,20	-
87,25	11,00	0,15	1,5	0,1	7	82,00	7,68	0,10	0,96	-
87,75	10,50	0,15	1,5	0,1	8	83,00	7,50	0,18	0,98	-

Dando como resultado la siguiente diferencia de porcentaje entre la composición propuesta y su correspondiente análisis químico:

DIFERENCIA (%)					
	Cu	Sn	Pb	Ni	P
1	5.20	3.50	0.03	0.50	-
2	5.31	3.81	0.04	0.51	-
3	6.01	3.56	0.04	0.49	-
4	6.00	4.20	0.04	0.52	-
5	6.98	5.66	0.06	0.20	-
6	5.29	2.70	0.03	0.30	-
7	5.25	3.52	0.08	0.54	-
8	4.75	3.00	0.03	0.52	-

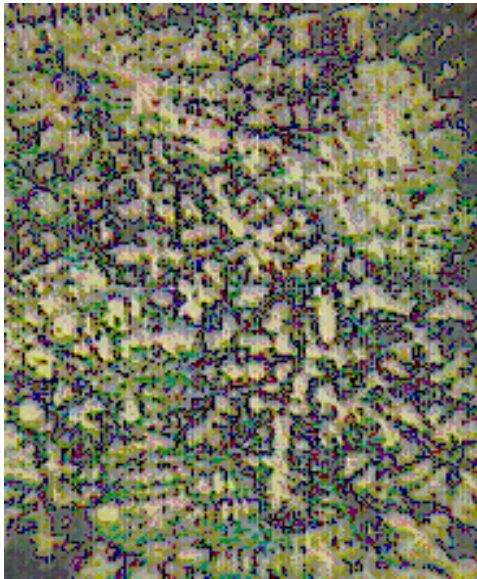
Dureza:

ALEACIÓN	% Sn	DIAMETRO DE LA IDENTACION (mm)	DUREZA BRINELL (BHN)
1	10	4.25	102
2	9.19	4.33	99.0
3	8.94	4.4	93.6
4	7.8	4.49	90.4
5	6.14	-----	-----
6	8.8	4.45	92.0
7	7.68	4.50	89.3
8	7.5	4.60	85.2

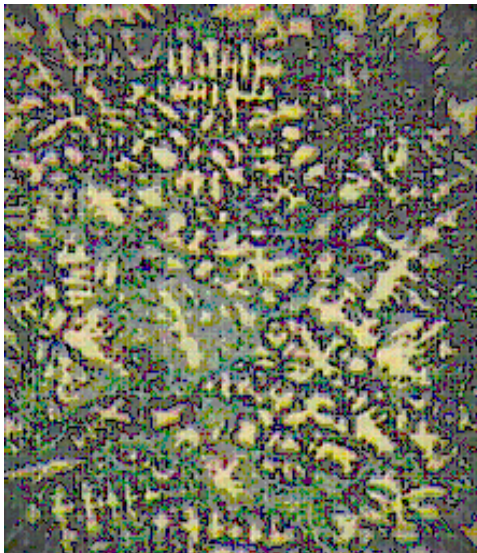
Y Metalografía:



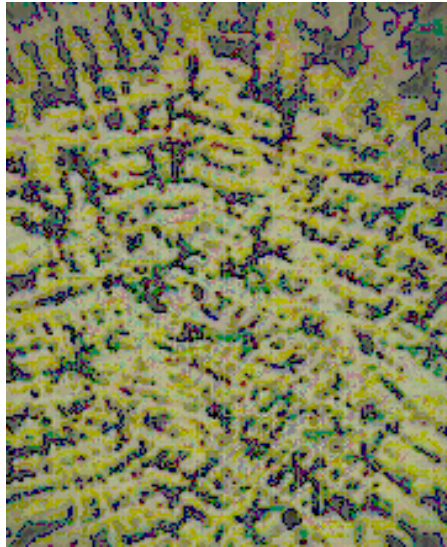
100X MICROGRAFIA DE ALEACION 2
9.19% Reactivo: FeCl_3 y NH_4OH alternadamente



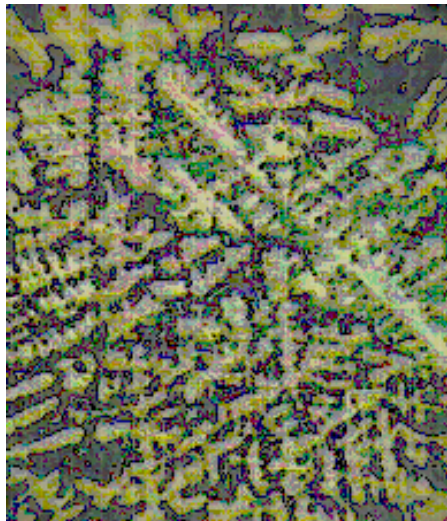
100X MICROGRAFÍA DE ALEACION 3
8.94% Sn, Reactivo: FeCl_3 y NH_4OH alternadamente



100X MICROGRAFÍA DE ALEACION 5
6.14% Sn, Reactivo: FeCl_3 y NH_4OH alternadamente



100X MICROGRAFÍA DE ALEACION 7
7.68 % Sn, Reactivo: FeCl_3 y NH_4OH alternadamente



100X MICROGRAFÍA DE ALEACION 8
7.5% Sn; Reactivo: FeCl_3 y NH_4OH alternadamente

Conocidas las diferencias de porcentajes se funde aleación de composición final con la aleación madre 2

	Cu	Sn	Pb	Ni	P
% CALCULADO	88.75	12.5	0.15	2	0.1
% EXPERIMENTAL ENCONTRADO	75.40	13.46	0.1	1.60	0.1
DIFERENCIAS PORCENTUALES (%)	13.35	0.96	0.05	0.4	-

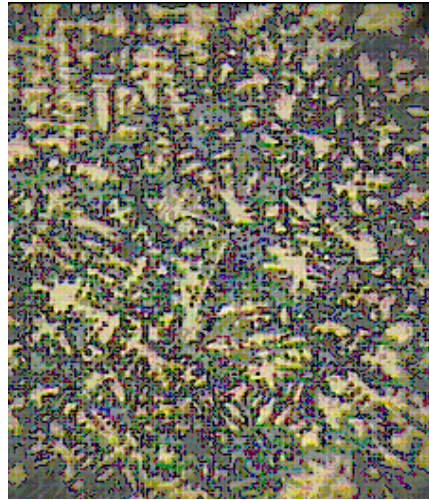
Procediendo luego a un ajuste de composición química:

	Cu	Sn	Ni	Pb	P
% TEÓRICO CALCULADO	75.40+13.35+5 93.75	13.46	1.6	0.1	0.1
% EXPERIMENTAL ENCONTRADO	85.03	11.55	1.26	0.13	0.1
DIFERENCIA PORCENTUAL (%)	9.21	1.91	0.34	-	-

Dureza:

ALEACIÓN	% Sn	DIAMETRO DE LA IDENTACION (mm)	DUREZA BRINELL (BHN)
9	11.55	3.90	121

Y Metalografía:



100X MICROGRAFÍA 9
11.55% Sn, Reactivo: FeCl_3 y NH_4OH alternadamente

Con este segundo procedimiento que es un método directo tenemos:

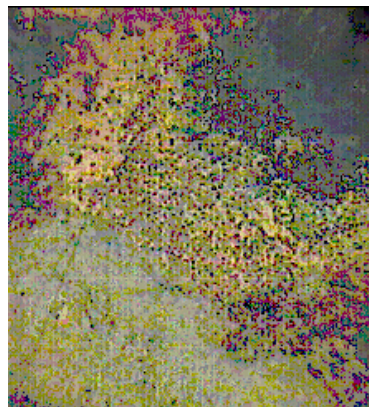
COMPOSICIÓN PROPUESTA (%)					ALEACION	ANÁLISIS QUÍMICO (%)				
Cu	Sn	Pb	Ni	P		Cu	Sn	Pb	Ni	P
90,00	12,00	0,15	2,00	0,10	A	73,00	8,96	0,19	1,46	0,10
90,00	13,00	0,15	1,00	0,20	B	75,00	15,00	0,90	1,00	0,1
85.25+10	12,50	0,15	2,00	0,10	C	85,16	11,14	0,14	1,24	0,10

	Cu	Sn	Pb	Ni
A	17,00	3,04	0,04	0,54
B	15,00	2,00	0,10	0,00
C	10,10	1,36	0,01	0,76

Dureza :

	HBN
A:	92
B:	125
C:	117

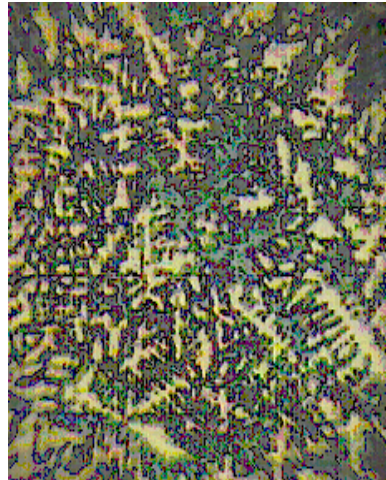
Y metalografía siguiente:



100X MICROGRAFÍA A
Sn 8.96% Reactivo: FeCl₃ y NH₄OH alternadamente



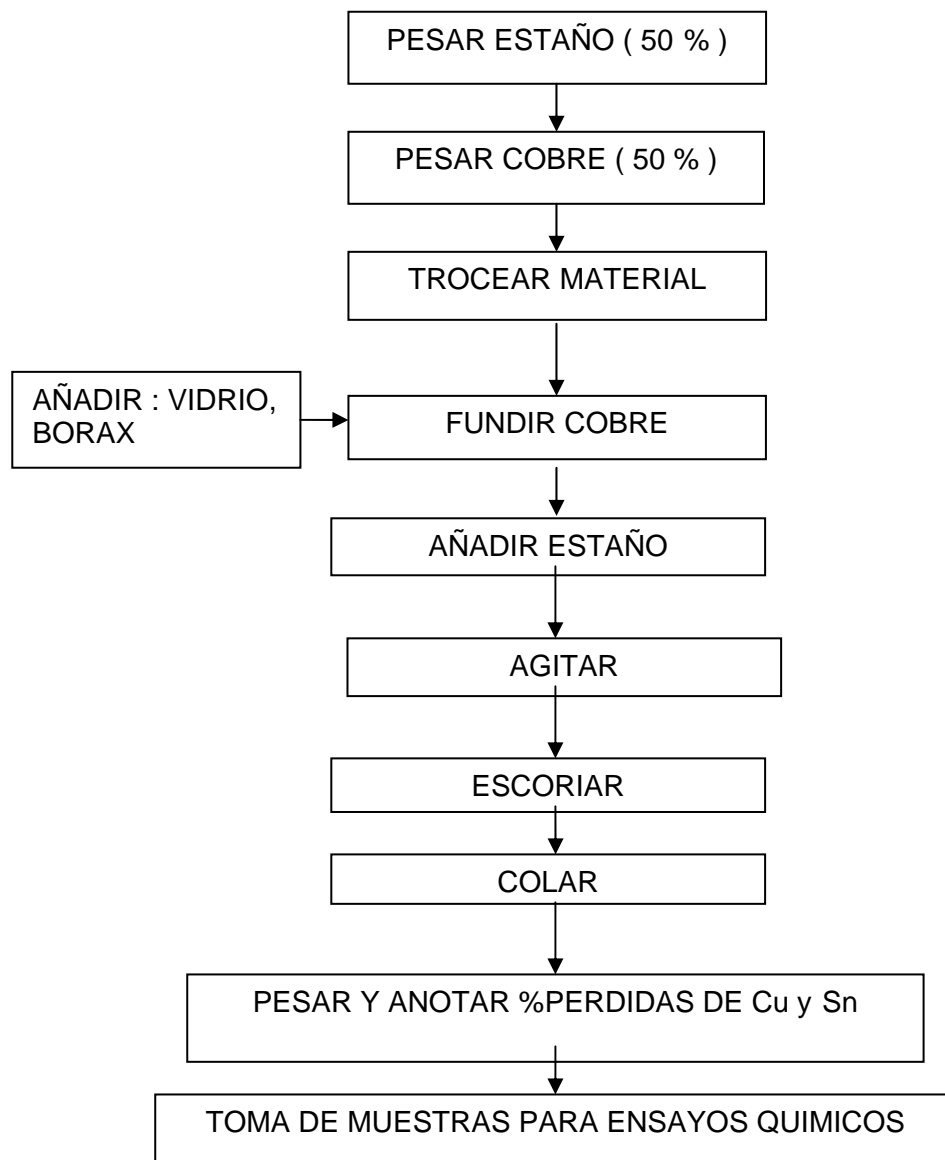
100X MICROGRAFÍA B
Sn 15% Reactivo: FeCl_3 y NH_4OH alternadamente



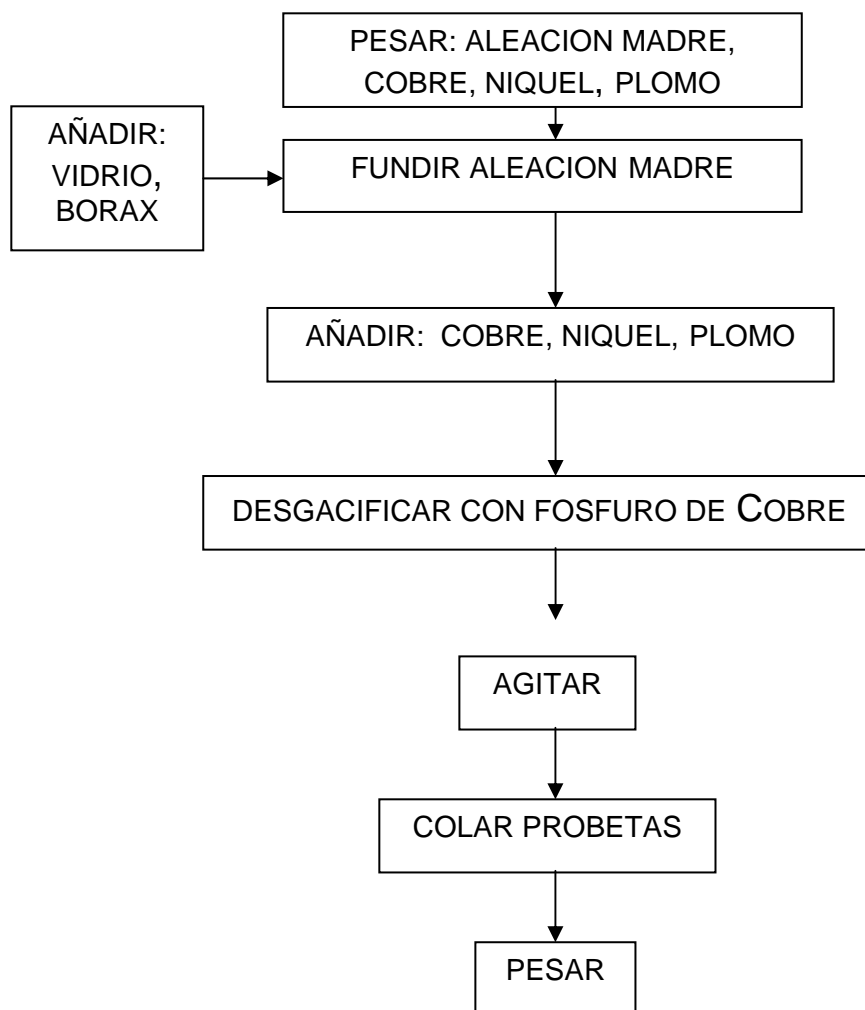
100X MICROGRAFÍA C
Sn 11.14% Reactivo: FeCl_3 y OHNH_4 alternadamente.

PROCEDIMIENTO 1 : METODO DE LA ALEACION MADRE

ELABORACIÓN DE LA ALEACION MADRE

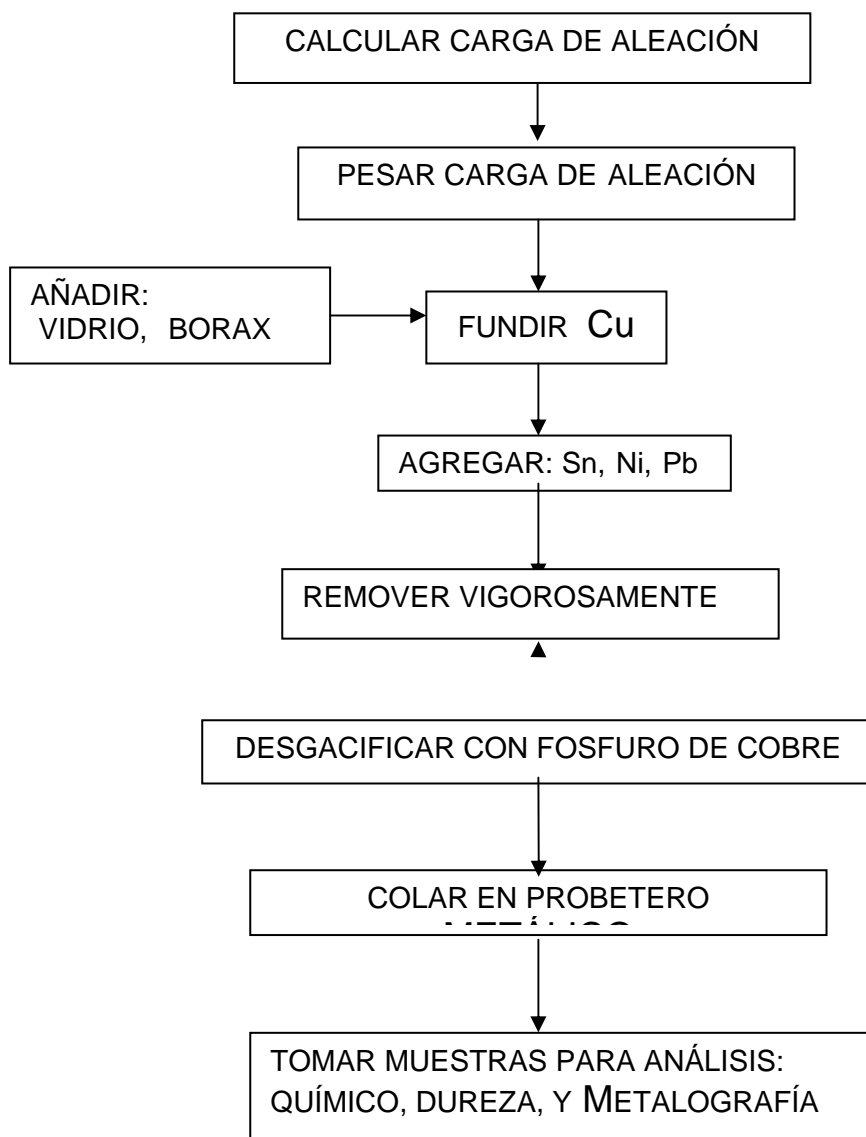


ELABORACION DE ALEACIONES DE DIFERENTES CONTENIDO DE ESTAÑO A PARTIR DE LA ALEACION MADRE



PROCEDIMIENTO 2: METODO DIRECTO

DIAGRAMA DE FLUJO DE METODO DIRECTO



Análisis de Resultados

Con relación al método de elaboración

- Se diseña un proceso de fabricación en base a una secuencia de operaciones establecidas por diagramas de flujo las mismas que se siguen para obtener una aleación certificada.

Para poder entrar a este sistema secuencial de operaciones hemos tenido que realizar unos ensayos preliminares, los cuales están basados en conocer las características del equipo y los materiales utilizados, tal es así que los primeros ensayos fueron de ajuste para conocer el porcentaje de pérdidas que se dan durante la fusión de los metales. En unos casos las pérdidas fueron mayores en el cobre, en otros casos en el estaño, esto se nota por ejemplo en el método que usa aleación madre para fabricar la aleación. En este método las pérdidas dieron alrededor de 10 % para el cobre y 3 % para el estaño, en el otro método que denominamos directo las pérdidas fueron alrededor de 15 % para el cobre y un 3 % para el estaño, así podemos ir enumerando cada uno de los experimentos, cómo fuimos ajustando la composición química hasta conocer en detalle preciso cuáles eran las deficiencias de nuestro equipo y también se elaboró un procedimiento para llegar a la meta de obtener aleaciones certificadas tal como se indica al comienzo del capítulo.

- El método de elaboración de la aleación que usa aleación madre para llegar a nuestro objetivo radica en que debemos tener una aleación en donde el estaño ya esté aleado junto con el cobre, procurando en lo posible que estén en partes iguales, luego deberemos fundir el cobre y añadiremos la aleación madre y los elementos faltantes, para ajustar una composición que llega casi a la composición requerida, para luego con esta última ajustar a la composición deseada que en nuestro caso es la C 91700.

El segundo método lo he denominado método directo y es aquel que conociendo las pérdidas de los elementos aleantes obtenidas nos sirven de base para el cálculo de nuestra aleación final, considerando siempre que estas aleaciones son hechas de chatarra pero debe estar seleccionada. Si la chatarra no cumple con la pureza necesaria previo a la fundición de la aleación se hará lingotes de la misma.

Con relación a la calidad de la aleación

Hemos tenido resultados precisos al realizar el control de calidad a las aleaciones obtenidas por ambos métodos, es decir que es posible hacer estas aleaciones certificadas:

1. Usando material de reciclaje y,
2. Con equipo artesanal .

Utilizando un método de control de planta visual que consiste en hacer una probeta y ensayarla bajo condiciones de un análisis sencillo de comparación con un patrón de calidad conocida, luego se realiza un ensayo de flexión pero aplicando una carga de impacto con un martillo. Con este método podemos hacer ajustes finos en relación al color de la aleación, tamaño de grano de la aleación y presencia de defectos como porosidades, con esto se certifica la calidad de la aleación en relación a su

constitución física de tal manera que no tenga defectos internos es aquí que estamos analizando qué tan efectiva ha sido el ajuste de composición química y la desgacificación realizada a la aleación.

Luego aplicamos los ensayos normalizados de análisis químico, tracción, dureza y metalografía para con esto concluir el control de calidad de nuestras aleaciones, ratificando con esto que nuestros postulados están correctos ya que llegamos a condiciones de resistencia mecánica de 63 y 65 ksi, siendo el valor de la norma de 60ksi.

En cuanto al ensayo de dureza, el resultado de la misma no es imprescindible que sea el valor exacto que se expresa en la norma porque esto varía de acuerdo al rango de porcentaje del elemento aleante principal, y este es considerado en un rango de composición, sin embargo este valor debe estar muy cercano al de la norma. Así, el valor de la norma es de 106 Brinell y el nuestro está entre 100 y 120 Brinell.

Pero la composición química es imprescindible que caiga dentro del rango ya que es muy estrecho porque la aleación bajo la norma debe estar para el cobre entre 85% y 87%; valor que nos da 11.14% y 11.55%.

Todos los parámetros están analizados, certificados y ratificados que caen dentro de la norma UNS C 91700.

CONCLUSIONES

- Los métodos sugeridos para obtener aleaciones certificadas a través de reciclaje en hornos artesanales es correcto.
- Las secuencias de operaciones establecidas en los diagramas de flujo aseguran la calidad de las aleaciones aquí producidas.
- Los equipos y materiales usados, sirven para el propósito que se fijó, es decir el reciclaje de chatarra genera aleaciones certificadas.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los métodos aquí ensayados sean utilizados para producir aleaciones certificadas.
- Se recomienda también que cada artesano tenga su propio método de asegurar su calidad.
El método de análisis rápido en planta le asegura una calidad constante lo cual es beneficioso para su producción.
- Se recomienda seguir con el estudio microscópico de las aleaciones de cobre, a fin de establecer una tabla comparativa que sirva a los fundidores como referencia calificadora.
Si no tiene microscopía por lo menos tener diferentes composiciones de estaño y una cartilla con patrones de calificación de fractura de las aleaciones, color y tamaño de grano de las mismas.

REFERENCIAS

1. SAYRA ELIZABETH ORELLANA, Fabricación de la Aleación Bronce al Silicio bajo Norma Americana UNS C87200 (SAE J462).
2. RICHARD A. FLINN, Copper, Brass and Bronze Castings.
3. AMERICAN FOUNDRYMEN`S SOCIETY, Casting Copper-Base Alloys.
4. SIDNEY H. AVNER, Introducción a la Metalurgia Física.
5. A. BIEDERMANN Y L. M. HASSEKIEFF, Tratado Moderno de Fundición de Metales no Férricos, Hornos Eléctricos y Ensayo de los Metales.
6. AMERICAN SOCIETY FOR METALS HANDBOOK COMMITTEE, Volume 2 Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Pure Metals.
7. AMERICAN SOCIETY FOR METALS HANDBOOK COMMITTEE, Volume 15, 9th Edition, Casting.
8. AMERICAN SOCIETY FOR METALS HANDBOOK COMMITTEE, Volume 7, 8th Edition, Atlas of Microstructures of Industrial Alloys.
9. AMERICAN SOCIETY FOR METALS HANDBOOK COMMITTEE, Volume 8, Metallography, Structures and Phase Diagrams.