



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “DESARROLLO DE TECNOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE BRONCE FOSFÓRICO UNS C93700 PARA APLICACIONES EN CONSTRUCCIÓN DE PARTES Y ELEMENTOS DE MÁQUINA DE FORMA ARTESANAL”, REALIZADO COMO REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

Autor: Andrés Narváez Chediak

Dirección: Ing. Víctor Andrade, Ing. Patricio Quezada

Resumen: En los países desarrollados, la actividad de la fundición de metales tiene una gran importancia. Estos países se encuentran desarrollando tecnologías para impulsar y mejorar este sector industrial. La actividad de la fundición de metales es la base de la industria en general, ya que muchos sectores dependen de la fundición de metales como lo son el sector automotriz, metalmeccánico, minería, agroindustria, petroquímico y otros. Por medio de los diferentes procesos de fundición se pueden obtener partes y elementos de máquinas que son fundamentales hoy en día. Sin embargo, en el Ecuador, la industria de la fundición de metales no se encuentra tan desarrollada. Es por ello que se ha visto como necesidad el afán de impulsar la tecnología nacional para poder elaborar los mismos materiales que son importados. Para ello, en el primer capítulo se habla de los antecedentes, justificación y objetivos del proyecto como tal, para beneficio del sector artesanal principalmente. En el segundo capítulo se desarrolla todo lo que es el marco teórico, que ayudará a comprender con mayor facilidad el desarrollo del proyecto. El capítulo de mayor importancia es el tercero, en el que se desarrolla los procedimientos a seguir y donde se demuestra que es factible la elaboración de este material de una forma artesanal. El cuarto capítulo es el desarrollo

en sí de la tecnología y la comparación de los resultados obtenidos con un producto importado. Los últimos dos capítulos son costos, conclusiones y recomendaciones del proyecto.

Palabras clave: bronce, bronce fosfórico, UNS C93700, bronce SAE 64, bronce artesanal

Abstract: In developed countries, the activity of metal casting is very important. These countries are developing technologies in order to promote and enhance this industrial sector. The activity of metal casting is the base of the industry in general. Many areas depend on the casting of metals such as automotive, petrochemical, metallurgical industry, mining, agribusiness, and others. With different casting processes, people can get parts and elements of machines that are essential today. However, in Ecuador, the industry of metal casting is not too developed. This is the reason why it is important to develop the national technology in order to make the same materials that are imported. In the first chapter, the background, the justification and the objectives of the project are established, primarily for the benefit of the artisanal sector. The second chapter it is developed the theoretical framework that will help to understand more easily the

project. The most important chapter is the third one. In it, the procedures to be followed are developed. It also shows that it is feasible to make this material in a traditional way. The fourth chapter is the development of the technology itself and the comparison of results with an imported product. The last two chapters are the costs, conclusions and recommendations of the project.

Keywords: brass, phosphor bronze, UNS C93700, SAE 64 bronze, handmade brass

Introducción: se pretende establecer un método para la obtención del bronce UNS C93700 con equivalencia SAE 64, que cumpla con los requisitos tanto de composición química como de propiedades mecánicas que se establecen en la norma ASTM B548 para dicha aleación.

Existen diferentes métodos de obtención de este bronce. El método utilizado es el método directo, en el cual para obtener la aleación requerida es necesario fundir los componentes principales como materia prima pura, es decir cobre, estaño y plomo, sin aleantes; con un cálculo previo de carga, controlando las temperaturas y los tiempos de fusión. En este método hay que tener en cuenta la desoxidación de la aleación durante el proceso.

La clave de la desoxidación de la mezcla radica en que, junto con la desgasificación de la misma, se logra mejores resultados en los elementos de máquina que se van a construir y se evita que el material tenga poros, mejorando sus propiedades tanto mecánicas como físicas.

Una de las principales formas de desoxidar este tipo de aleación es añadiendo fósforo a la mezcla. El fósforo actúa como agente desoxidante previniendo la formación de óxido, el cual se forma especialmente cuando se añade estaño al cobre fundido.

Uno de los métodos para añadir fósforo es utilizando una aleación madre de fosforo de cobre. El fosforo de cobre se lo sumerge hasta el fondo del crisol. Éste, por lo general,

se lo utiliza en cantidades que van desde 0.2 a 0.4% de la masa de la aleación, ya que solo es usado como desoxidante y desgasificante, mas no para ser un elemento aleante, ni para ser parte de la composición química del producto final. (Wiesner Falconí, 2013)

Aplicaciones del Bronce UNS C 93700: Esta aleación forma un bronce con las características ideales para el trabajo pesado con una excelente antifricción por su alto contenido de plomo, permitiendo trabajar a las partes o elementos de máquina durante periodos más extensos sin lubricación, sufriendo un desgaste más lento. Es un excelente material para ser usado bajo condiciones de altas velocidades, altas presiones, golpes y vibraciones.

Su aplicación típica es en bocines con lubricación pobre, que trabajan normalmente como elementos de sacrificio en las máquinas para evitar el desgaste de otros componentes más caros. (Ivan Bohman C.A., 2006). Otros de los usos son cojinetes, fundición de bujes para altas velocidades y fuertes presiones, bombas, impulsores, aplicaciones donde se requiera alta resistencia a la corrosión, fundiciones a presión, bujes para molinos, hornos de cemento, troqueladoras, laminadoras, compresores y bujes en general.

También es encontrada esta aleación en cigüeñales, placas de apoyo, guías de deslizamiento para molinos, arandelas para motores, rodamientos para la mayoría de tipos de máquina, rodamientos para tornos y para locomotores eléctricos. (Industrial Okendo S.A., 2012).

Materia Prima y Mejorador de Fundición

Utilizados: en su mayoría, la materia prima utilizada fue de reciclaje lo cual contribuye con el medio ambiente y la preservación de recursos naturales, como también con la reducción de costos de material.

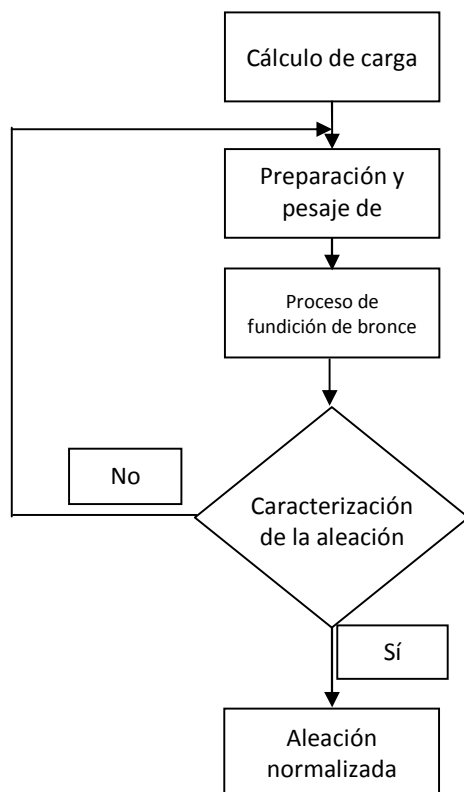
Se utilizó chatarra de cobre brillante, es decir, alambre de cobre puro y grueso, con una pureza del 99%. Chatarra de plomo

blando, proveniente de fontanería y contrapesos de ruedas de vehículos, con una pureza del 94%. Lingotes de estaño metálico, con una pureza del 95%.

Como mejorador de fundición se utilizó fosforo de cobre al 15% como agente desoxidante de la aleación.



Diseño del Experimento:



Proceso de Fundición:

1. Cargar el crisol de grafito con vidrio ámbar como fundente en un 10% en peso de la masa de cobre a fundir.
2. Cargar todo el cobre sobre el vidrio y colocar el crisol en el horno fijo de crisol.
3. Temperatura del horno 1200°C y esperar tiempo de fundición.
4. Añadir plomo y homogenizar la colada.
5. Añadir fosforo de cobre al fondo del crisol en un 0,2% de la masa de material a fundir, añadir estaño y homogenizar la colada.
6. Añadir fosforo de cobre al fondo del crisol en la cantidad de 0,2% de la masa de material cargado y homogenizar la colada.
7. Eliminar la escoria.
8. Colar en molde de arena inicio de pruebas según la norma ASTM B584.

Resultados Obtenidos:

Los resultados obtenidos de la composición química de los diferentes ensayos realizados se muestran en la tabla 1, en la cual se hace una comparación con los requisitos establecidos en la norma ASTM B548.

En la tabla 2 se muestran los resultados de las propiedades mecánicas obtenidas de los mismos ensayos y comparados de igual manera con las propiedades para el bronce UNS C 93700 que se encuentran en la norma.

Piezas Obtenidas: esta aleación pertenece a los bronce al estaño emplomados. Se utiliza principalmente en la industria para la fabricación de bujes, cojinetes y bocines. Es por ello que se fabrico diferentes bocines y de diferentes medidas para diferentes aplicaciones.



Bujes con Pestaña

Tabla 1. Composición Química de las muestras y comparación con la Norma ASTM B548

BRONCE	COMPOSICIÓN QUÍMICA %										
	Cu	Sn	Pb	Zn	Ni	Fe	Sb	S	P	Al	Si
UNS C93700	79 - 82	9 - 11	8 - 11	≤ 0,8	≤ 1	≤ 0,15	≤ 0,5	≤ 0,08	≤ 0,15	≤ 0,005	≤ 0,005
Ensayo 1	78,06	8,44	10,33	0,141	0,008	0,021	0,030	-	0,005	2,587	0,024
Ensayo 2	84,45	9,887	5,484	<0,002	0,003	<0,005	0,021	<0,005	<0,006	<0,005	<0,005
Ensayo 3	81,97	9,217	8,391	<0,005	0,003	<0,005	0,027	<0,005	0,006	<0,005	<0,005

Tabla 2. Propiedades Mecánicas de las muestras y comparación con la Norma ASTM B548

BRONCE	Resistencia a la Tracción		Límite Elástico		Elongación en 2 in. o 50 mm.	Dureza
	ksi	MPa	ksi	MPa	min %	HB
UNS C93700	30	207	12	83	15	60
Ensayo 1	6,94	47,92	6,36	44	2,1	73,53
Ensayo 2	25,38	175,13	19,38	134,06	10,1	57,14
Ensayo 3	32,95	227,36	26,07	180,32	19	69,52



Bujes Punta de Eje

Conclusiones y Recomendaciones:

- Es factible realizar en el ámbito nacional, artesanal, un material normalizado que esté en la capacidad de competir con productos importados.
- Se realizaron dos procesos de fundición distintos, los cuales dieron los resultados que se muestran en las tablas, siendo el ensayo 1 y 2 los realizados por el primer método. El ensayo 3 se lo realizó con el segundo método, el cual es el que se describe en este documento como único proceso de fundición, ya que con éste, el ensayo dio los resultados esperados, cumpliendo con las especificaciones exigidas por la norma.

- El uso de materia prima reciclada es un factor delicada, ya que está debe ser lo más pura y de la mejor calidad posible.
- Se recomienda seguir paso a paso el procedimiento de fundición descrito para la obtención de las características deseadas y así poder estar seguro de que se va a obtener una aleación normalizada.
- Se recomienda el uso de vidrio ámbar como fundente de la aleación, además de que genera una capa protectora para que no exista contacto con una atmósfera oxidante.

Bibliografía:

- ASM. (1992). ASM Handbook. En *Properties and selection: nonferrous alloys and special-purpose materials* (Vol.II, págs. 759-1275).
- ASTM. (2000). ASTM B584 Standard Specification for Copper Alloy Sand Castings for General Applications
- Avner, S. (1988). *Introducción a la metalurgia física*. México: McGraw Hill.