

**UNAM**



**22**

**TESIS-BCCT**

311  
1284

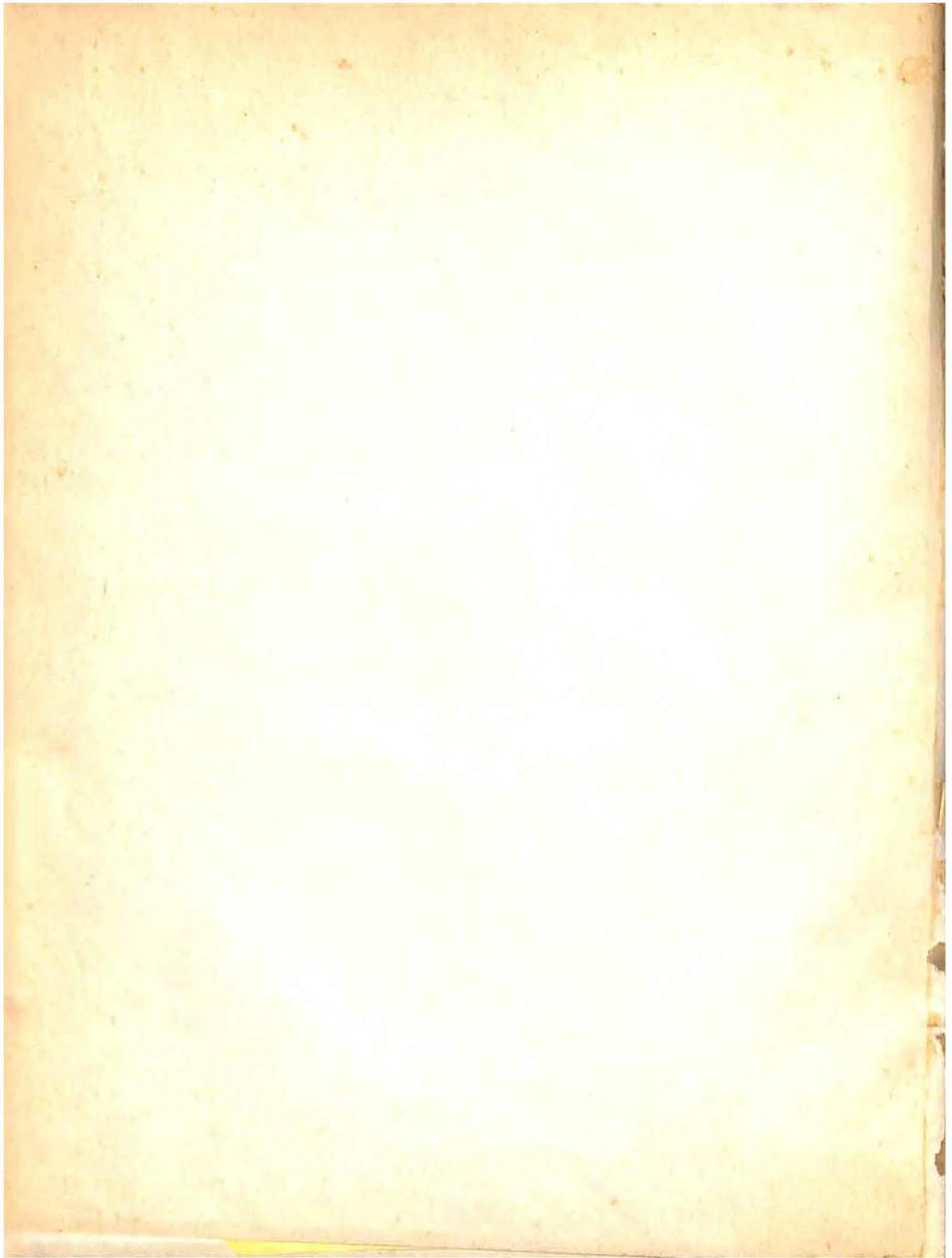




INSTITUTO DE GEOLOGIA  
BIBLIOTECA

I-48

22



6251  
CARLOS LARRACILLA QUIROZ

**Fabricación Industrial del**  
**Bronce Fosforado en**  
**Horno Eléctrico.**



890  
La8f



M E X I C O

1936

CLASIF. LQC 1936 I-1  
ADQUIS. I-48  
FECHA .....  
PROCED. ....  
.....

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MEXICO AUTONOMA

FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MATEMATICAS

ESCUELA NACIONAL DE QUIMICA

---

**FABRICACION INDUSTRIAL DEL BRONCE  
FOSFORADO EN HORNO ELECTRICO**

---

**TESIS**

QUE PRESENTA EL ALUMNO

**CARLOS LARRECILLA QUIROZ**

PARA SU EXAMEN PROFESIONAL DE LA CARRERA DE

**QUIMICO**



BIBLIOTECA

MEXICO  
1936

(22)

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS  
LABORATORIO NACIONAL DE QUÍMICA  
ESCUELA NACIONAL DE QUÍMICA

890  
Laef

FABRICACION INDUSTRIAL DEL BRONCE  
FOSFORADO EN HORNO ELECTRICO

1212

CON PRESENTA DE ALIQUIL  
CARLOS FARRIGLIA QUIROS  
LABORATORIO NACIONAL DE QUÍMICA  
QUÍMICO

MEMORIA

A la memoria de mi Padre el Sr. Dn.  
JOAQUIN LARRECILLA A.

A mi Madre la Sra. Dña.  
Ma. DE LOS ANGELES O. DE LARRECILLA

381

A mis Hermanos

A la memoria de mi Padre y Madre  
JOAQUIN LARREA A

A mi Madre la Srta. Dña.  
M<sup>te</sup> DE LOS ANGELES O. DE LARREA

A mi Padre

## A mis Maestros

### CONTENIDO

El primer capítulo de este libro es un homenaje a los maestros que han formado a los autores, quienes reconocen el valor de su labor y el compromiso que han asumido con la educación de los niños y jóvenes de nuestro país.

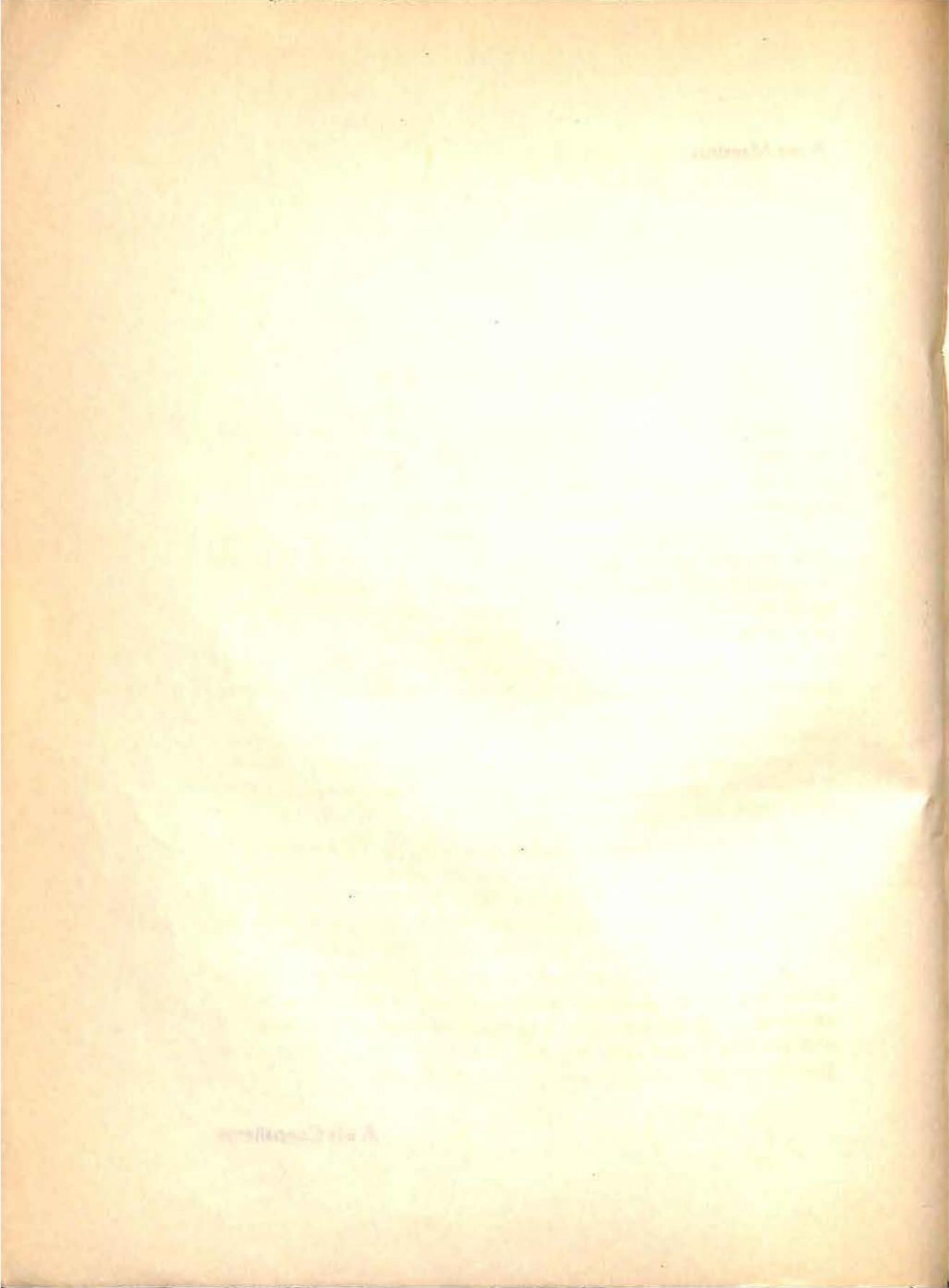
En el segundo capítulo se aborda el tema de la formación docente, considerando los aspectos éticos, pedagógicos y psicológicos que deben tener presente los futuros maestros para poder desempeñar adecuadamente su labor en el aula.

El tercer capítulo trata sobre la práctica docente, donde se discuten los aspectos metodológicos y didácticos que son fundamentales para el desarrollo de una enseñanza efectiva y significativa para los estudiantes.

El cuarto capítulo se refiere a la evaluación del aprendizaje, analizando los diferentes tipos de evaluaciones y su impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Finalmente, el quinto capítulo aborda el tema de la actualización docente, destacando la importancia de la formación continua y el desarrollo profesional de los maestros para mantenerse al día en un campo que está en constante evolución.

## A mis Compañeros



## INTRODUCCION

Con el fin de abordar un asunto de esta naturaleza, considero pertinente antes de entrar en materia, sintetizar el desarrollo de mi tema, para lo cual expongo en breves palabras las partes principales que constituyen el esqueleto de mi trabajo:

En la primera parte trato de las generalidades sobre el bronce fosforado, comprendiendo esto un simple bosquejo de lo que se entiende por bronce fosforado; señalo la propiedad que tiene el fósforo de servir como desoxidante para las ligas de bronce e incluyo la parte histórica de los broncees.

En la segunda parte considero las materias primas que intervienen en la fabricación del bronce fosforado, la importancia que tiene la selección de un buen material y las consecuencias que puede acarrear el empleo de materiales impuros. Hago hincapié acerca de la fabricación del bronce en horno eléctrico y señalo las ventajas que tiene éste sobre otras clases de hornos tales como los de gas, coke, etc.

El capítulo tercero lo dedico al control de fabricación y lo divido en varias partes a saber: análisis químico del bronce según el método Standard de la American Society for Testing Materials; método rápido comunmente seguido para el análisis del bronce fosforado; estudio de las propiedades mecánicas.

En el cuarto capítulo trato acerca de la preparación de las probetas para los exámenes metalográficos, su ataque, las observaciones en el metaloscopio y la toma de fotografías; señalo la utilidad que tienen estas últimas de proporcionar un medio gráfico de estimar la estructura interna del bronce.

Y en la parte final de este trabajo hablo sobre las útiles aplicaciones industriales que tiene el bronce fosforado como material antifricción, dado que el fósforo al formar parte de una aleación de bronce le imparte mejores propiedades a este respecto.

Atendiendo a lo anteriormente expuesto, el desarrollo de la presente tesis consta de los capítulos siguientes:

I.—Generalidades sobre el bronce fosforado. Empleo del fósforo como material desoxidante en las ligas de bronce. Historia.

I N T R O D U C C I O N

II.—Fabricación industrial del bronce fosforado. Horno eléctrico; sus ventajas.

III.—Control de fabricación; Métodos de análisis químicos; control de cargas, fusión y vaciado; propiedades mecánicas.

IV.—Examen metalográfico del bronce.

V.—Empleos industriales del bronce fosforado.

## CAPITULO I

**Generalidades sobre el Bronce Fosforado.—Propiedades que imparte el fósforo a las ligas de bronce.—Empleo del fósforo como desoxidante en las ligas de bronce.—Historia de los bronce fosforados.**

Fundamentalmente, se designan con el nombre de "bronce" a una aleación de cobre y estaño en la que es preponderante el contenido de cobre. Posteriormente se ha aplicado el nombre de "bronce" a las aleaciones de cobre que además de estaño contienen otros metales o que constan de cobre y un metal distinto del estaño. Domina sin embargo la tendencia justificada de no designar estas aleaciones con el simple nombre genérico de "bronce", sino que hay necesidad de darles nombres específicos, por ejemplo: a las aleaciones de cobre y aluminio llamarlas "bronce de aluminio", etc.

Es pues oportuno designar con el nombre de bronce fosforado a una aleación de cobre, estaño y fósforo. Según algunos autores para que con propiedad pueda aplicarse el nombre de "fosforado" a un bronce, debe llenar el requisito de encontrarse presente el fósforo en la liga en proporción mínima de 0.1%. Si se encuentra presente el fósforo en proporción digamos de 0.05 a 0.001%, no es adecuado designar con la denominación de "bronce fosforado".

En cambio otros autores opinan que deben ser considerados como fosforados los bronce que al estado de fusión fueron tratados por el fósforo o una aleación del mismo y en proporción

si se quiere tan pequeña que sólo alcance para reducir el óxido cuproso que se forma por oxidación directa del cobre durante la fusión, y sin que quede fósforo remanente en la aleación. Las aleaciones en las cuales hay fósforo presente en proporción mayor de 0.1% son completamente diferentes en cuanto a propiedades se refiere, de aquellas que no contienen sino trasas de fósforo en su análisis final.

El bronce al cual se agrega una pequeña cantidad de fósforo, se desoxida y produce piezas vaciadas limpias y compactas; el fósforo agregado se pierde casi en su totalidad como puede comprobarse mediante el análisis químico. Pero las propiedades mecánicas y físicas mejoran notablemente.

Se ha tratado de producir otras aleaciones de bronce cuyas propiedades sean semejantes a las del bronce fosforado y no se ha logrado aún, pues las condiciones económicas no lo permiten. El bronce fosforado es típico para ser empleado como metal antifricción en piezas de maquinaria sujetas a fuertes rozamientos como es el caso por ejemplo de las chumaceras especialmente en el caso de locomotoras.

La adición del fósforo a las aleaciones metálicas es una práctica que viene empleándose hace más de cien años. Las ligas de cobre y fósforo mencionadas por Macquer a mediados del siglo XVIII fueron estudiadas con algún detalle posteriormente por Pelletier. Fue él quien reconoció definitivamente los fosfuros de cobre. Esos fosfuros quedaron incluidos en el Diccionario Químico de 1807 y su aplicación útil probable en la manufactura fue prevista. En 1848 fue obtenida una patente por Parker Birmingham para uso del fósforo en el cobre y en el latón pero no fue mencionado sobre el bronce. El primer uso definido del fósforo en el bronce parece que fue hecho en 1854 por Roulz en Francia. En este tiempo no había a un dato definido que guiara los usos posibles del bronce fosforado. Cerca de 1860 tres gobiernos europeos estudiaron los efectos del fósforo sobre el bronce.

Los experimentos de los cuales pocos detalles se conocen fueron hechos públicos por el Woolwich Arsenal bajo la supervisión de Weston y Abel. El Gobierno Belga comisionó tres químicos; Monifore Leví y Kunzel, para hacer investigaciones sobre este asunto y posteriormente los mismos investigadores trabajaron so-

bre bronce fosforados por cuenta del gobierno ruso. Los trabajos hechos en ese tiempo: 1860 a 1870 por el profesor Kunzel fueron de tal valor que él es generalmente reconocido como el inventor del bronce fosforado. Fue su colega Monifore sin embargo quien obtuvo en 1870 en Francia la primera patente sobre el bronce fosforado.

Los derechos de la patente británica fueron traspasados por Monifore al Sr. G. A. Dick y los derechos en los Estados Unidos a su hermano el Sr. C. J. A. Dick; estos hermanos fundaron respectivamente la Compañía de bronce fosforado en Birmingham y la Compañía Fundidora de Bronce Fosforada en Philadelphia. Así fue como se inició la producción comercial del bronce fosforado.

En un principio, la adición del fósforo al bronce se efectuaba disolviendo directamente los pedazos de fósforo amarillo en el metal al estado de fusión. Este Procedimiento además de ser peligroso pues el fósforo amarillo es muy inflamable a no ser que se mantengan bajo el agua, no es de gran eficiencia para lograr la desoxidación del baño metálico. Como la única manera de impedir que se inflame el fósforo consiste en mantenerlo bajo el agua, resulta que al ser agregado al metal generalmente va húmedo y esto en vez de realizar un beneficio redundando en perjuicio de la calidad del bronce así falsamente fosforado. El hornero que por experiencia conoce el peligro que ocasiona introducir objetos húmedos en el bronce fundido, instintivamente trata de secar de alguna manera los pedazos de fósforo y entonces con frecuencia se le incendia y le produce serias quemaduras; para salvaguardar a los trabajadores de semejantes accidentes es muy conveniente el empleo de las aleaciones metálicas ricas en fósforo que fabrican especialistas, con un por ciento de fósforo constante. Estas aleaciones comerciales son el estaño fosforado (con un contenido de fósforo de 5%) y el cobre fosforado (que contiene de 10 a 15% de fósforo).

El fósforo es un veneno muy activo y simplemente una dosis de 0.1 gm., resulta mortal. En caso de envenenamiento es absorbido por el hígado el cual se inflama, y por la sangre. El contraveneno más indicado consiste en solución de sulfato de cobre de dos gramos por litro. Las enfermedades crónicas por envenena-

miento por fósforo son frecuentemente entre los obreros que manejan este metaloide y se manifiesta por necrosis de los huesos y especialmente de los dientes y mandíbulas. El empleo de aleaciones metálicas de fósforo hace desaparecer este peligro en la manufactura del bronce fosforado, o al menos la atenúa grandemente.

## CAPITULO II

**Fabricación industrial del bronce fosforado.—Materias primas empleadas en la industria.—Selección de las mismas y necesidad de emplear material de pureza adecuada.—Horno eléctrico y sus ventajas.**

Las materias primas comunmente empleadas en la fabricación de bronce fosforado son: material de desperdicio debidamente seleccionado correspondiente a piezas rotas en servicio o desgastadas, coladas de fundiciones previas y torneaduras, etc., todo lo cual constituye lo que se denomina "material viejo", y metales nuevos: cobre electrolítico, plomo de pureza por ejemplo de 99,85%, estaño de 99.% y cobre fosforado. Por lo que respecta al cobre fosforado hay en el comercio dos grados que según las especificaciones de la A. S. T. M. deben tener la composición química siguiente:

	P.	P -  Cu.	Fe
Grado A	Mínimo %	Mínimo %	Máximo %
	14	99.75	0.15
Grado B	10	99.75	0.15

Generalmente se prefiere emplear el grado A.

En la práctica industrial, el material de desperdicio convenientemente seleccionado, si se juzga necesario es fundido y lingoteado con objeto de tener una materia prima recuperada uniforme en composición, la cual se conocerá mediante el análisis

químico que se practique con muestras tomadas de los lotes de lingotes correspondientes a cada fundición. La torneadura de bronce va siempre acompañada de partículas de fierro procedentes de las herramientas con que fue trabajado en las máquinas del Taller Mecánico o de otras piezas de acero torneadas en aparatos cercanos a aquellos donde se estaba recolectando dicha torneadura. Para poder librarla del material de fierro, se hace pasar la torneadura por una máquina electromagnética; se carga la torneadura por una tolva y de allí pasa por gravedad a un tambor giratorio imantado en el cual quedan retenidas las rebabas de fierro. No se separa completamente el fierro mediante una sola pasada por el aparato electromagnético; debe repetirse la operación dos o tres veces con objeto de lograr una purificación más completa. La rebaba de bronce ya libre de fierro, constituye parte del material de desperdicio que más tarde se volverá a fundir, esto es, representa parte de la materia prima.

No es frecuente partir de metales nuevos para elaborar el bronce; esto resultaría demasiado costoso. Se puede obtener buen resultado práctico a partir por ejemplo de 50% de metal de desperdicio lingoteado y por consiguiente de composición conocida mediante el análisis que previamente debe haberse practicado y 50% de metales nuevos. La manera de proporcionar las cargas depende de condiciones locales del mercado de los metales de desperdicio y de los nuevos así como de los datos analíticos que se obtengan a partir de los lotes de lingotes de que se puede disponer para una fabricación particular. El criterio del fundidor es el que norma la proporción mínima de material nuevo que se necesita poner en las cargas al horno en cada caso particular.

La parte de material de desperdicio de que consta la carga, lleva consigo impurezas, principalmente Fe, Zn y Ni. A menudo comprende también cantidades apreciables de Sb, As y Al, así como gases ocultos, óxidos, silicatos, tierra, etc. Las impurezas que van con los constituyentes de la carga ejercerán más tarde una influencia decisiva en la calidad del bronce que se obtenga; por eso es preciso vigilar la composición química de todos y cada uno de dichos materiales para conseguir los resultados apetecidos en el bronce resultante de la fusión.

## FABRICACION EN EL HORNO ELECTRICO

Antes de tratar el proceso de manufactura considero de importancia describir brevemente las partes principales de que consta el horno eléctrico para fusión de bronce.

Los hornos de arco directo se construyen de diferentes tamaños, por ejemplo, el tipo de horno usado en la Cía. "La Consolidada", S. A., donde tuve oportunidad de realizar mi práctica es de capacidad para 500 kilos, del tipo rotatorio de la marca "Detroit Rockin".

La pared externa del horno está constituida por un cilindro de lámina de acero; tiene un diámetro exterior de 5 pies y una longitud de 5 pies. El diámetro interior es de 3 pies 8 pulgadas y la longitud interior de 3 pies. Está dotado de una puerta que cierra herméticamente al horno y sirve para efectuar las cargas del material y para poderlo sacar una vez que se encuentra en estado líquido.

El armazón del horno está revestido interiormente por ladrillo aislante de naturaleza silicosa de un espesor de 4 pulgadas, sobre el cual reposa el revestimiento refractario; este consta de ladrillo refractario de naturaleza ácida y tiene espesor de 8 pulgadas.

El horno tiene en su parte externa dos cremalleras colocadas una en cada extremo del cilindro y las cuales descansan sobre cuatro engranes; éstos, por medio de un motor eléctrico pueden imprimir movimiento rotatorio al horno o simplemente inclinarlo en el momento de vaciar su contenido que se encuentra al estado líquido.

Los electrodos son de grafito y atraviezan lateralmente las paredes del horno. Tienen un diámetro de 5 pulgadas y 3.5 pies de longitud.

Las mordazas para los electrodos son enfriadas con agua; hay además un serpentín de cobre al rededor de cada electrodo en las partes adyacentes a la pared del horno. Esto permite que los electrodos se conserven fuera de la zona de fusión del horno lo suficientemente fríos.

Los electrodos se mantienen más o menos alejado el uno del otro para controlar la entrada de corriente. Al principio de la

operación se trabaja el horno con una corriente de 110 Volts y 3,000 Amperes; durante el proceso de fusión se mantiene constante el amperaje y el voltaje fluctúa entre 105 y 120 volts. El consumo de corriente es de unos 105 Kwhrs. para cargas de unos 350 kilos.

El tablero de control está equipado con un interruptor automático que evita un suministro excesivo de corriente y tiene además reguladores que permiten suministrar una corriente de características adecuadas durante todo el tiempo que dura el proceso de fusión.

### PROCESO DE MANUFACTURA

El proceso que se sigue en la manufactura del bronce fosforado es de gran importancia, pues de ello depende que el producto que se obtenga resulte con propiedades mecánicas apropiadas para el objeto a que se destina y que su costo sea mayor o menor.

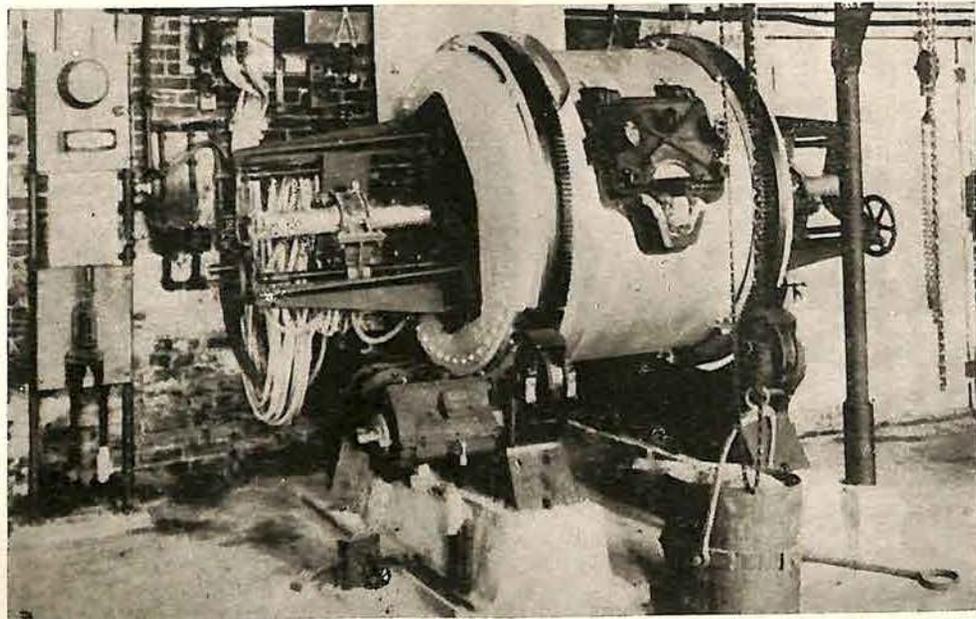
Suele seguirse en la práctica industrial un proceso que consiste en lo siguiente:

El material vario se funde en horno de gas y se lingotea; estos lingotes son muestreados convenientemente para someterlos al análisis químico. Constituyen pues, una materia prima de composición química conocida que luego constituirá parte de la carga al horno eléctrico.

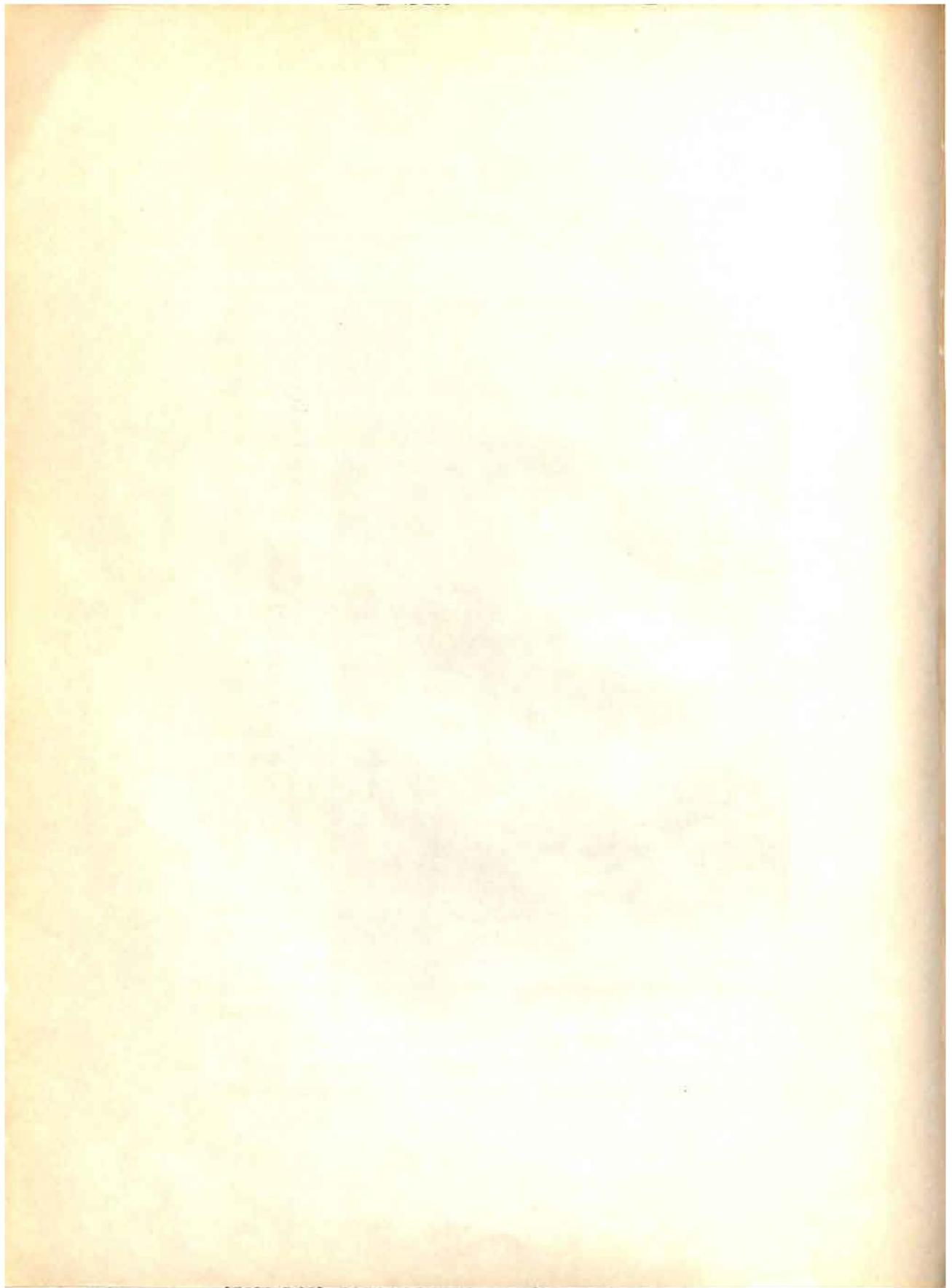
El criterio del fundidor auxiliado por los datos analíticos de los distintos lotes de material seleccionado o lingoteado, es el que fija la proporción en que puede entrar el material viejo o formar parte de una carga al horno eléctrico.

Se procede a cargar el horno eléctrico previa revisión de la pared refractaria y después de haber practicado las reparaciones en el caso de que fueren necesarias.

Los electrodos se mantendrán separados con el fin de no romperlos al efectuar la carga. Debe cuidarse de que la carga quede uniformemente repartida dentro del horno. Se inicia el calentamiento de la carga estableciendo la corriente eléctrica. El arco eléctrico salta entre los dos electrodos y el calor de radiación es el que determina la fusión de los metales. Fundida la carga de



Horno eléctrico de tipo rotatorio de la marca Detroit Rockin,  
de capacidad 500 Kilos.



material viejo se procede a cargar los metales nuevos siguiendo el orden siguiente: se principia con el metal de más alto punto de fusión y se termina con el de temperatura de fusión más bajo. Se carga primero el cobre: punto de fusión 1083°C. luego el plomo: 327°C. y finalmente el estaño: 232°C. Durante el proceso de fusión y carga hay necesidad de vigilar la temperatura reinante dentro del horno por medio de un pirómetro óptico. Si la temperatura se elevara demasiado tendríase pérdidas considerables por volatilización y se dañaría el baño metálico. Al final de la operación, ya cuando está para descargarse el horno, se agrega el cobre fosforado. El valance de materiales se hace detenidamente para lograr la obtención del bronce de composición especificada. Se tendrá en cuenta las pérdidas por volatilización y escorificación; se estiman éstas en un 6 a 8% en el horno eléctrico.

Para obtener una producción continua de composición constante debe tenerse gran cuidado de vigilar las cargas parciales al horno.

Es de notarse que el cobre es el material con el cual principalmente se introduce oxígeno a la carga: el lingote de cobre contiene aproximadamente 0.04% de oxígeno, en forma de una capa de óxido cuproso el cual es soluble en los metales al estado de fusión. El estaño que es más ávido de oxígeno que el cobre, lo desoxidará al ser agregado posteriormente.

A continuación inserto dos tablas: una que da la capacidad de los metales para el oxígeno. (Tabla No. 1) y otra que enumera la capacidad de los mismos para desoxidar. (Tabla No. 2).

La densidad del  $\text{SnO}_2$  es según la tabla, de 6.9 en tanto que la del  $\text{Cu}_2\text{O}$  es de 5.9; el primero será por consiguiente más difícil de separarse del baño metálico. Una pieza de bronce que contiene en su seno inclusiones de  $\text{SnO}$ , resulta más duro de lo normal, y esto constituye un inconveniente en el momento de trabajarse en el torno. Hay necesidad pues de eliminar estos óxidos del baño metálico y debe buscarse para esto un material que tenga gran afinidad para con el oxígeno y que sea capaz de ejercer su acción sin ocasionar trastornos en el vaciado o defectos en las piezas que se obtengan.

Mediante la inspección de la tabla No. 1, encontramos que lo más indicado será emplear el Boro por ser el que presenta ma-

**T A B L A N o . 1**  
**CAPACIDAD DE ELEMENTOS PARA EL OXIGENO**  
**A l formar los Oxidos dados en la Tabla No. 2**

1 parte Boro	se combina con	2.18	partes de Oxígeno
1 parte de Fósforo	se combina con	1.29	partes de Oxígeno
1 parte de Silicio	se combina con	1.13	partes de Oxígeno
1 parte de Aluminio	se combina con	0 886	partes de Oxígeno
1 parte de Titanio	se combina con	0 665	partes de Oxígeno
1 parte de magnesio	se combina con	0 658	partes de Oxígeno
1 parte de Calcio	se combina con	0 400	partes de Oxígeno
1 parte de Manganeso	se combina con	0 291	partes de Oxígeno
1 parte de Hierro	se combina con	0 287	partes de Oxígeno
1 parte de Níquel	se combina con	0.273	partes de Oxígeno
1 parte de Estaño	se combina con	0 270	partes de Oxígeno
1 parte de Zinc	se combina con	0 245	partes de Oxígeno
1 parte de Cobre	se combina con	0.126	partes de Oxígeno

**T A B L A N o . 2**  
**Capacidad de los metales para desoxidar.**

Elementos	Oxido	Calor de formación del óxido		Propiedades de óxido	
		Calorías por molécula gm.	Calorías por átomo gm. de oxígeno	Puntos de fusión grados Frh.	Gravedad específica
Calcio	CaO	151.9	151.9	4.600	3.3
Magnesio	MgO	143.9	143.9	5.000	3.4
Aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	392.6	130.8	3.700	3.9
Titanio	TiO <sub>2</sub>	218.4	109.2	2.800	4.2
Silicio	SiO <sub>2</sub>	191.0	95.5	3.100	2.2
Boro	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	272.6	90.8	1.070	1.8
Manganeso	MnO	90.8	90.8	3.000	5.1
Zinc	ZnO	84.8	84.8	3.300	5.4
Fósforo	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	365.2	73.0	sublima	2.4
Estaño	SnO <sub>2</sub>	137.2	68.6	2.050	6.9
Hierro	FeO	65.7	65.7	2.600	6.9 <sup>p</sup>
Níquel	NiO	57.9	57.9	?	6.7
Cobre	Cu <sub>2</sub> O	43.8	43.8	2.100	5.9

por capacidad para el oxígeno y tener densidad baja = 1.8. Presenta sin embargo el inconveniente de su alto precio. El aluminio y el Silicio que son los que siguen al fósforo en importancia, no son aconsejables para usarse como desoxidantes en el caso del bronce que contiene plomo pues resultarían defectuosas las piezas vaciadas. El fósforo es pues el elemento más indicado a causa de su capacidad considerable para con el Oxígeno y porque al actuar como desoxidante los productos que se forman son lo suficientemente ligeros para que resulte factible su separación del baño metálico. El óxido de fósforo ( $P_2O_5$ ) se sublima en vez de fundirse lo cual facilita la separación en el baño metálico. Puede decirse de una manera general, que entre más ligero es el elemento, mayor capacidad tiene para con el oxígeno. El P sólo resulta pues inferior al B.

La manera como debe procederse para adicionar el Cobre fosforado, es la siguiente: el encargado del horno, adiciona una parte de dicha liga (aproximadamente la mitad de la cantidad total que se ha de incorporar a la carga), poco antes de que se va a sangrar el horno. El P obra sobre ciertos óxidos y forma una escoria fosfatada fluída que se espuma de prisa mediante una cuchara. Se calienta el baño metálico rápidamente hasta alcanzar una temperatura de unos  $1120^{\circ}$  C. Se hace girar el horno describiendo un arco de unos  $45^{\circ}$  y en el momento de estar vaciando, el contenido del mismo a la cuchara de distribución, se agregará el resto, del cobre fosforado. La cuchara distribuidora del metal al estado de fusión, es basculante, tiene capacidad de unas 700 libras y mediante un mecanismo de engranes se inclina para vaciar su contenido en los moldes de arena previamente preparados. Si se agregara todo el cobre fosforado con mayor anterioridad al momento de la vaciada, se volatilizaría y no ejercería su acción desoxidante. La oxidación en la superficie del chorro, de metal al estado de fusión queda impedida por los productos de oxidación del tipo de fosfato que se forman y los cuales constituyen una especie de forro protector. El P imparte mayor fluidez al metal fundido, lo cual es muy conveniente para la operación del vaciado en moldes; las piezas vaciadas resultan limpias, libres de inclusiones de óxidos y de porosidades, como después puede comprobarse mediante observaciones metalográficas. Los

óxidos, que pueden haber sido introducidos junto con la carga o bien haberse formado durante los procesos de fusión o vaciado, no pueden ser eliminados satisfactoriamente sino mediante la operación del fosforado.

Debe evitarse agregar un exceso de fósforo al baño metálico pues se tendrían dificultades en el momento de vaciar en moldes y la calidad del metal obtenido resultaría perjudicada. Cuando hay fósforo en exceso, el metal al estado de fusión produce muchos humos y ataca el revestimiento refractario del horno y de la cuchara de distribución.

Las impurezas que generalmente se encuentran en el metal resultante de la fusión son de dos especies: metálicas las unas y no metálicas las otras.

Las impurezas metálicas más frecuentes en el bronce son: Zinc, fierro, aluminio, níquel, arsénico, antimonio, etc., y las no metálicas: óxidos y escorias de naturaleza silicosa, polvo proveniente de ladrillos refractarios o de las tierras de moldeo, y gases tales como H, N, O.

El Zinc es impureza que puede tolerarse hasta en proporción de 0.5%. Ya en proporción de 1% perjudica grandemente las propiedades del bronce fosforado; puede ocasionar la formación de porosidades en las piezas vaciadas o hacer que resulten duras y por consiguiente difíciles de ser trabajadas en torno.

El fierro en pequeñas cantidades se encuentra presente prácticamente en todos los broncees comerciales; en casos anormales alcanza proporción hasta de 0.5%. El fierro procede generalmente del metal de desperdicio que se introdujo en la carga o bien puede provenir de las barras con que suelen removerse las pizas metálicas cuando se acomodan dentro del horno. Cuando se encuentra presente en el bronce en proporción hasta de 0.1%, prácticamente no afecta grandemente las propiedades en tanto que si alcanza mayor proporción, le imparte mayor dureza y tendencia a oxidarse al encontrarse expuesto a los agentes atmosféricos.

El Aluminio es una impureza muy indeseable en el bronce; debe tenerse mucho cuidado para impedir que vaya a contaminario. Durante la fusión del bronce contaminado con aluminio.

este último forma una película fina de óxido de aluminio el cual aprisiona aire durante el vaciado y causa la formación de piezas porosas, o esponjosas.

El arsénico y el antimonio tienen efecto similar en el bronce, hay sin embargo opiniones contradictorias acerca de los efectos de estas impurezas en el bronce, pues mientras unos investigadores opinan que el antimonio en pequeña proporción hace al bronce más fácilmente maquinable, otros aseguran que no tiene efecto apreciable en las propiedades o que por el contrario es nocivo. Otro tanto ocurre en el caso, del Arsénico.

El As y el Sb son introducidos al bronce con el Estaño el cual lo lleva como impurezas. Al ligarse con el cobre, se reduce el contenido de Sb en el bronce hasta un décimo del contenido en el estaño de tal manera que la cantidad de antimonio que normalmente se encuentra en el estaño por ejemplo de 99%, no es para causar alarma. Es raro que vaya apreciable cantidad de arsénico en el Estaño comunmente empleado en la manufactura de bronce; el plomo lleva también generalmente, antimonio. El antimonio es soluble en el cobre hasta en proporción de 8%, pero el As es casi insoluble y forma compuesto  $Cu_3 As$ .

Durante el proceso de fusión, como reina una atmósfera oxidante en el interior del horno, se forman óxidos de cobre, plomo y estaño, así como de los metales introducidos como impurezas en la carga. Estos óxidos luego son eliminados al final de la fusión mediante el tratamiento de fosforado. Pueden quedar sin embargo presentes en el metal final en pequeña proporción y mantenerse en forma de solución sólida o como mezcla mecánica.

El efecto más notable que producen los gases sobre el bronce vaciado, es la formación de poros en las piezas. La naturaleza y el origen de estos gases son muy diversos; el molde de arena puede suministrar grandes volúmenes de gases, tales como vapor de agua, aire mantenido entre los poros de la arena, óxidos de carbono procedentes de la materia orgánica que integra la arena de moldeo o los corazones de los moldes, hidrocarburos provenientes de los compuestos de unión de la arena de moldeo, etc.

La presión que pueden alcanzar estos gases dentro del molde que se llena con metal al estado de fusión, puede ser suficiente para que se motive la disolución y la formación de poros.

Si el metal es lo suficientemente fluído durante el proceso de la generación de los gases, estos pueden escapar a través de los agujeros de alimentación del molde, pero si el metal es demasiado viscoso para dejar salir los gases o, si la presión de los mismos es muy alta y el tiempo durante el cual se forman muy prolongado, entonces algo de dichos gases será retenido por el metal que se solidifica. Los gases motivarán la formación de poro y la pieza vaciada resultará defectuosa. Para evitar esto, debe controlarse la temperatura de vaciado y la composición de las arenas de moldeo, asuntos de los que me ocuparé en el capítulo que destino al control de fabricación.

El horno eléctrico ofrece grandes ventajas con respecto a otros tipos de hornos empleados en la fusión de bronce. Entre las principales citaré las siguientes:

Cuando se funde bronce en horno eléctrico, resulta relativamente libre de gases y de óxidos, en tanto que como en otros tipos de hornos la atmósfera es más oxidante, a las altas temperaturas a que se opera tiene lugar formación de fuertes proporciones de óxidos a expensa de los metales que constituyen la carga. El bronce en estas condiciones, absorbe gases tales como O, H, N. óxidos de carbono, etc.; caso que no ocurre en el interior del horno eléctrico. El tiempo que se requiere para fundir una carga en el horno eléctrico es mucho menor que el que se necesitaría para fundirla en otros tipos de hornos; la duración del proceso de fusión en el horno eléctrico, es de unos 45 minutos como promedio.

El cobre, que es de los metales que forman parte de una liga de bronce, el de más alto punto de fusión, sólo puede ser fundido en los hornos antiguos bajo una capa de carbón para evitar una oxidación excesiva; esto resulta innecesario en el caso de fusión en el horno eléctrico el cual es un recinto prácticamente cerrado.

Cuando se funde en horno de gas, se debe ejercer una vigilancia muy cuidadosa para evitar que se eleve demasiado la temperatura lo cual echaría a perder la liga metálica; en el horno eléctrico, automáticamente se controla el suministro de corriente y no se corre tanto riesgo de que vaya a elevarse excesivamente la temperatura reinante dentro del mismo.

Cuando se tiene el baño metáico listo para vaciar, si por cualquier circunstancia hay que esperar un poco de tiempo antes de proceder, no se corre riesgo de que vaya a enfriarse pues se mantiene con relativa facilidad constante la temperatura. Esto resulta muy difícil de lograr en el caso de otros tipos de hornos.

Finalmente, fundiendo en horno eléctrico se tienen unas pérdidas por volatilización y escorificación que se estiman en 6-8%, en tanto que las pérdidas por los mismos conceptos que se registran en el caso de fusión en horno de gas, alcanzan hasta un 18-22%.

En el presente estudio se han utilizado los datos obtenidos en el curso de la investigación, los cuales se han sometido a un análisis estadístico para determinar la relación existente entre las variables estudiadas. Los resultados obtenidos demuestran que existe una correlación positiva entre las variables analizadas, lo que indica que a medida que aumenta el nivel de la variable independiente, también tiende a aumentar el nivel de la variable dependiente. Este hallazgo es consistente con lo que se esperaba en base a la teoría que sustenta el estudio.

Los datos obtenidos en el presente estudio se han sometido a un análisis estadístico para determinar la relación existente entre las variables estudiadas. Los resultados obtenidos demuestran que existe una correlación positiva entre las variables analizadas, lo que indica que a medida que aumenta el nivel de la variable independiente, también tiende a aumentar el nivel de la variable dependiente. Este hallazgo es consistente con lo que se esperaba en base a la teoría que sustenta el estudio.

### CAPITULO III.

**Control de fabricación.—Procedimiento de la A. S. T. M. para llevar a cabo el análisis del bronce fosforado.—Método analítico rápido.—Control de las cargas, de la fusión en el horno eléctrico y del vaciado.—Propiedades mecánicas del bronce fosforado.**

Un buen resultado en la fabricación del bronce fosforado sólo puede lograrse llevando a cabo un minucioso control químico de las diferentes fases del proceso. La experiencia demuestra que el químico es el que está únicamente capacitado para dirigir con éxito una planta donde se elabora bronce de composición química especificada. El químico verifica los análisis de las materias primas, proporciona las cargas, esto es, fija el porcentaje de material de desperdicio y de metales nuevos que constituyen cada carga, vigila mediante pirómetros ópticos y eléctricos las temperaturas durante los procesos de fusión y vaciado, controla la composición de las arenas de moldeo, etc.

Las materias primas deben ser clasificadas ordenadamente y agrupadas por lotes cuya composición química deberá ser conocida para lo cual se practican los análisis necesarios. El químico hace los cálculos y da la proporción en que puede entrar la materia prima de los distintos lotes, en cada manufactura particular. Deben tenerse en cuenta al efectuar estos cálculos las pérdidas que tienen lugar por volatilización y escorificación para que deducidas estas, el material resultante tenga la composición que se desea.

Hay necesidad de vigilar continuamente la temperatura reinante dentro del horno durante el proceso de fusión para evitar pérdidas excesivas por volatización e impedir que se oxiden los metales. También debe precisarse cuándo el baño metálico tiene la temperatura conveniente para proceder a vaciar en los moldes.

Las muestras para el análisis de materiales varios, deben ser tomadas bajo la dirección y vigilancia del químico pues si se procede impropriamente puede suceder que dichas muestras no sean representativas de la partida o, lote del cual proceden. Se sigue un sistema fijo para tomar las muestras para el análisis y conforme a un plan previamente experimentado y que haya reportado buenos resultados.

Para ilustrar con un ejemplo la forma en que se lleva a cabo el control de fabricación, tomaremos el caso, siguiente:

El análisis químico practicado sobre una muestra representativa de un lote de material de desperdicio previamente lingoteado, reportó los datos siguientes:

Composición: Sn: 7.75%  
Pb: 15.7 "  
Cu: 74.35 "  
Zn: 2.00 "  
Impurezas: 0.20 "

La composición del bronce que se desea obtener es como sigue:

Cu: 79.0%  
Sn: 10 "  
Pb: 10.0 "  
Zn: 0.5 "  
P : 0.5 "

Si la carga al horno va a ser de 400 kilogramos, necesitamos determinar la cantidad de material de desperdicio lingoteado que hay que usar así como las cantidades de Cu, Pb, Sn y cobre fosforado a fin de obtener un bronce de la composición especificada. Los cálculos los haré teóricamente, esto es, haré el balance de metales haciendo abstracción de las pérdidas que se originan por volatización. Parto del principio de que la liga que

se desea obtener, no debe contener más que 0.5% de Zn. Entonces, como en 400 Kgrms. no debe haber más de 2 Kgms. de Zn. y esto es precisamente el % de Zn. en el material de desperdicio, no se podrán emplear más que 100 kilos de esta materia prima.

En 100 kilogramos de material de desperdicio lingoteado, hay:

Cu: 74.350 Kgms.  
 Pb: 15.700     "  
 Sn: 7.750     "  
 Zn: 2.000     "  
 Impurezas: 0.200     "

Como para 400, kilos que es lo que constituye la carga hay que poner:

Cu: 79 por 4 = 316 Kgms.  
 Sn: 10 por 4 = 40     "  
 Pb: 10 por 4 = 40     "  
 Zn: 0.5 por 4 = 2     "  
 P: 0.5 por 4 = 2     "

Las cantidades de metales nuevos que hay que agregar son las siguientes:

Cu:  $316 - 74.35 = 241.65$   
 Pb:  $40 - 15.70 = 24.30$   
 Sn:  $40 - 7.75 = 32.25$

En cuanto al P, se necesita agregar:  $0.5 \text{ por } 4 = 2 \text{ Kgms.}$

Si se dispone de cobre fosforado de 10% de P, la cantidad que se requiere es de:

$$10 : 100 :: 2 : X \quad \therefore X = 20 \text{ Kgms.}$$

20 Kgms. de este cobre fosforado contienen: 2 Kgms. de P. y 18 Kgms. de Cu.

La carga del horno será pues de:

100 Kgms. de metal lingoteado, y  
 $241.65 - 18 = 223.65$  Kgms. de Cobre.  
 24.30 Kgms. de plomo.  
 32.25     "     "     Estaño.  
 20.     "     "     Cobre fosforado con 10%  
 de P.

Durante el proceso de fusión, tiene lugar pérdidas que se estiman en un 6 a 8% cuando se trabaja en el horno eléctrico.

Mediante el análisis químico que se practica con muestra tomadas del producto obtenido, se sabe si el bronce realmente sacó la composición química especificada. Generalmente suele agregarse algo más de los metales más volátiles para compensar las pérdidas.

Para llevar a cabo el control de temperatura, se puede servir el operador del horno donde se funde Bronce, de pirómetros ópticos o eléctricos. Los fundidores prácticos creen que no es necesario servirse de tales aparatos sino que la observación y la práctica bastan para estimar cuando el bronce tiene temperatura adecuada para ser vaciado. Siguen el procedimiento primitivo siguiente: mediante una cuchara toman una porción del metal al estado de fusión y si al vaciarlo en un molde presenta suficiente fluidez, juzgan que la temperatura del baño metálico es correcta. Si por el contrario, la muestra se cubre rápidamente de una capa de nata, antes de vaciarse, entonces está frío. Este procedimiento notoriamente es deficiente y sujeto a muy serios errores que pueden ocasionar se obtengan piezas vaciadas defectuosas o del, todo inútiles.

Las mediciones de temperatura empleando pirómetro óptico son sencillas y suficientemente exactas; los errores se pueden corregir consultando las tablas que los mismos fabricantes de los aparatos proporcionan. El pirómetro eléctrico consta de un termo-par que se sumerge directamente en el metal al estado de fusión y la temperatura se lee en un aparato registrador. Es más exacto que el pirómetro óptico, sólo que su manejo resulta algo más dificultoso. Preferible resulta trabajar a temperatura algo más elevada de la necesaria aparte el vaciado pues se refina mejor el baño metálico. Se vacía a unos  $1120^{\circ}$ — $1130^{\circ}$ C.; en el horno eléctrico se simplifica grandemente pues basta inclinar el horno y recibir el metal fundido en la cuchara basculante distribuidora, de la cual se pasa luego a los moldes previa eliminación de la escoria que se separa en la superficie.

En unas tarjetas especiales se lleva un registro minucioso de los procesos de fusión y vaciado, las cuales tarjetas son llevadas al Laboratorio para su inspección. Para evitar errores deben veri-

ficarse periódicamente las básculas donde se pesan las partes integrantes de las carga. A continuación muestro un ejemplo de las tarjetas de control de fabricación.

Es de importancia que antes de proceder a efectuar una carga al horno, se revise el estado en que se encuentra el revestimiento refractario del mismo y se hagan las reparaciones que se juzguen necesarias.

Una vez introducida la carga dentro del horno, se establece la corriente para que salte el arco entre los electrodos. Se imprime al horno un movimiento de vaivén describiendo un arco de 45°, durante unos 25 minutos, esto es, hasta que haya fundido parcialmente la carga. Se aumenta luego el arco de giro cuando esté; próximo el momento de efectuar el vaciado. Depende el consumo de corriente, de la forma en que se opere el horno; si se deja corto el arco se tiene mayor consumo de energía eléctrica.

Cuando el metal está completamente al estado de fusión y se ha efectuado el tratamiento con cobre fosforado, se observa la temperatura mediante un pirómetro; y cuando tiene la temperatura adecuada el baño metálico, se procede a vaciar. El orden en que se introducen los constituyentes de la carga en el interior del horno lo indiqué al hablar de fabricación. En las tarjetas de control se apunta la hora en que se empezó a cargar el horno, el tiempo que se requirió para realizar la fusión, el consumo de corriente, las causas de demoras en caso de que las hubiera habido, etc. Ocasionalmente se aparta una pieza vaciada y se rompe para observar la fractura; esto, para darse una idea de la calidad de bronce que se está obteniendo. Las muestras para el análisis, son enviadas al Laboratorio; los resultados analíticos se reportan en las tarjetas de control.

#### **METODO STANDARD DE LA A. S. T. M.**

**Para el análisis químico de bronce para chumaceras.—Determinación del Estaño**

Soluciones requeridas:

1o.—Sulfuro de Amonio amarillo:

Satúrese 150 cc. de hidróxido de amonio (densidad 0.9) con

## Control de la Fabricación del Bronce Fosforado

JUNIO 29 DE 1936

Fundición del día No.	No. total de fundiciones	Tiempo en que principia la carga	Tiempo en que se pone el arco	Tiempo en que se quita el arco	Tiempo que tardó la carga en fundirse	KW Hr. en el momento de empezar	KW/Hr. de recalentamiento	KW Hr. Total	Temperatura en grados F. alcanzada	Peso de la carga	Composición y análisis de las cargas	Minutos, demoras y causas
1	13	en la noche	6.10	7.55	1.45	10	4	80	2210	414		
2	14	7.05	7.10	7.45	0.35	7		65		402		
3	15	7.55	8.02	8.30	0.28	6	4	60	2200	409		
4	16	8.35	8.40	9.03	0.63	5	4	65		408		
5	17	9.20	9.29	9.44	0.15	5		44	2300	320		
6	18	9.52	9.58	10.20	0.62	3	5	50	2310	320		

ácido sulfhídrico y agréguese luego 50 cc. más de hidróxido de amonio. Disuélvase en esta solución 3 o 4 gramos de flor de azufre y 1 gramo de cloruro de amonio.

Usese esta solución, filtrándola inmediatamente antes de emplearla.

2o.—Solución diluída de sulfuro de amonio amarillo, para lavados:

Mézelense 20 cc. de la solución antes descrita de sulfuro de amonio con 400 cc. de agua destilada.

3o.—Acetato de amonio para lavados:

Disuélvanse 10 gramos de acetato de amonio en 300 cc. de agua destilada, acidúlese ligeramente con ácido acético y satúrese con ácido sulfhídrico.

#### METODO

En cápsula de porcelana de 150 cc. disuélvase 1 gramo de bronce en 10 cc. de ácido nítrico de densidad 1.42. Cuando ha terminado la reacción violenta, hiérvase hasta que los óxidos de nitrógeno sean expelidos; agréguese 50 cc. de agua destilada caliente y déjese reposar y sedimentar por cerca de una hora, conservando la temperatura precisamente abajo del punto de ebullición.

Filtrese a través de doble papel de peso de cenizas cono-cido, cuidando de conservar la solución caliente durante todo el tiempo que dure la filtración. El filtrado se recibe en vaso de 200 cc. del tipo usado en las determinaciones electrolíticas.

Lávese con agua hirviente el precipitado retenido en el filtro; servirá para la determinación del Estaño y la solución, para las determinaciones de Plomo, Cobre y Zinc.

El papel filtro se pone en un vaso de 150 cc. y se cubre con 40 a 50 cc. de sulfuro de amonio amarillo. Se calienta a baja temperatura durante 15 minutos o hasta que el ácido metaestá-nico se haya disuelto. Se filtra y lava cuidadosamente con solución diluída de sulfuro de amonio amarillo.

Se acidula el filtrado y los lavados, cuidadosamente con ácido acético al 50%. Calentar a baja temperatura y dejar que el sulfuro de estaño precipitado y el azufre se sedimenten. Fil-

trese a través de doble papel y lávese con solución de acetato de amonio. Séquese el precipitado y colóquese junto con los papeles filtro en crisol de porcelana; este último se pone en un cartón asbesto provisto de un agujero para sostenerlo. Caliéntese lentamente hasta que el azufre libre se haya eliminado pero sin permitir que se quemé.

Cuando el azufre haya sido eliminado, colóquese el crisol en un triángulo de porcelana y caliéntese lentamente al principio y finalmente a alta temperatura. Si el precipitado pesa más de 20 miligramos, calcínese hasta peso constante. Pésese como  $\text{SnO}_2$  y calcúlese como estaño.

El  $\text{SnO}_2$  puede contener algo de arsénico o antimonio que se encontrarán presentes en la liga.

Las determinaciones por duplicado deben chequear dentro de un margen de 0.06% de estaño

Durante la calcinación, si se permite que el azufre se quemé, puede formarse algo de sulfato de estaño y los resultados serán altos. Por otra parte si se calcinan a más alta temperatura, se pueden obtener resultados bajos a causa de volatilización de algo de sulfuro de estaño.

### DETERMINACION DEL PLOMO

El filtrado que contiene plomo, cobre y zinc, es adicionado de 40 cc. de la solución siguiente: 300 cc. de ácido sulfúrico de densidad 1.84 más, 1,800 cc. de agua destilada. Disuélvase 1 gramo de acetato de plomo químicamente puro en 300 cc. de agua destilada y agréguese a la solución caliente con agitación. Déjese reposar al menos 24 horas y sifoneese la solución clara a través de un filtro de asbesto.

Evapórese la solución hasta que haya francamente humos blancos de ácido sulfúrico. Enfríese, agréguese 35 cc. de agua destilada para disolver las sales; caliéntese a ebullición y déjese enfriar y sedimentar durante 5 horas o durante la noche si se creyere conveniente. Filtrese a través de crisol de Gooch y lávese con la solución de ácido sulfúrico antes citada; luego lávese con solución alcohol-agua (1 : 1). El Gooch se coloca den-

tro de un crisol de porcelana y se calcina por cinco minutos; enfríase y pésase como  $PbSO_4$

Calcular como Pb.

### DETERMINACION DEL COBRE

El filtrado que contiene el Cobre y el Zinc es aforado y se toma una parte alícuota de la solución para determinar electro-líticamente el cobre. Para cada solución úsese corriente de 0.5 amperes y aproximadamente 10 volts durante la noche o bien corriente de 4 amperes y 10 volts durante unas dos y media horas.

En el segundo caso hay que usar cátodos de gasa de platino.

Cuando la solución está incolora lávese el vidrio de reloj que cubre el vaso donde se está efectuando la electrólisis, así como los electrodos y las paredes del vaso, elevando el nivel del líquido. Se continúa haciendo pasar la corriente unos 15 minutos más, observando si se ha depositado cobre en la nueva parte del electrodo de platino mojada por la solución. Si no se ve cobre depositado, extráigase un cc. de la solución incolora y trátase en la cavidad de una placa de porcelana para ensayos al toque, por agua sulfhídrica recién preparada. Si ocurre una ligera decoloración continúese la electrólisis y repítase el ensayo. Quítase rápidamente el cátodo, sumérjase en agua destilada y luego sumérjase en dos baños sucesivos de alcohol. Sacúdase el cátodo para eliminar el alcohol y luego quémese el resto en la lámpara. Pésese el cobre electrodepositado.

Resultados por duplicado deben checar dentro de 0.10% de cobre.

### DETERMINACION DEL ZINC

La solución que lo contiene y en la cual ha sido eliminado el cobre electro-líticamente como queda dicho, se calienta y satura con ácido sulfhídrico; fíltrese el precipitado que pudiera haberse formado y hiérvase la solución para eliminar el ácido sulfhídrico, hágase la solución ligeramente alcalina con hidróxido de amonio y agréguese 25 cc. de ácido fórmico al 85%. Dilúyase

la solución con agua destilada hasta 300 cc., caliéntese a ebullición y satúrese con ácido sulfhídrico. Filtrese, lávase con agua caliente y disuélvase el precipitado en ácido clorhídrico caliente (1 : 1).

Se pasa la solución a un crisol de platino o porcelana previamente pesado y se agregan unas gotas de ácido sulfúrico (densidad 1.84). Se evapora la solución hasta copioso desprendimiento de humos blancos. Si la solución no está clara e incolora, enfríese, agréguese unos cuantos centímetros de ácido nítrico (densidad 1.42) y de nuevo evapórese hasta desprendimiento franco de humos blancos. Repítase el tratamiento con ácido nítrico si es necesario hasta que la materia orgánica se haya destruído y la solución esté incolora. Elimínese el exceso de ácido sulfúrico calentando el crisol cuidadosamente al principio y finalmente a alta temperatura. Pésese el sulfato de zinc y calcúlese el zinc que contiene.

#### DETERMINACION DEL FOSFORO

Soluciones necesarias:

1o.—Acido nítrico para disolver: mézclense 1,000 cc. de ácido nítrico, (densidad 1.42) y 1,200 cc. de agua destilada.

2o.—Acido nítrico para lavados: Mézclense 20 cc. de ácido nítrico (densidad 1.42) y 1,000 cc. de agua destilada.

3o.—Solución No. 1 de molibdato de amonio: colóquese en un vaso 100 gramos de ácido molíbdico de 85%, mézclense con 240 cc. de agua destilada y agréguese 140 cc. de amoniaco (densidad 0.9); filtrese y agréguese 60 cc. de ácido nítrico (densidad 1.42).

4o.—Solución No. 2 de molibdato de amonio: Mézclense 400 cc. de ácido nítrico (densidad 1.42) y 960 cc. de agua destilada.

Cuando la solución esté fría agréguese la solución No. 1 a la solución No. 2 agitando continuamente. Agréguese luego 0.1 gramo de fosfato de amonio disueltos en 10 cc. de agua destilada y déjese reposar 24 horas antes de emplearse.

5o.—Solución de nitrato de potasio al 1%: disuélvase 10 gramos de nitrato de potasio en 1,000 cc. de agua destilada.

6o.—Indicador de fenolftaleína: Disuélvase 0.2 gramos de fenolftaleína en 50 cc. de alcohol etílico de 95° y 50 cc. de agua.

7o.—Solución standard de sosa. Disuélvase 3.3 gramos de sosa químicamente pura en 1,000 cc. de agua destilada y agréguese luego exceso de solución de hidróxido de bario al 1%. Déjese reposar 24 horas, decántese el líquido y standarícese con un acero de cantidad de fósforo conocida mediante el procedimiento del molibdato y mezcla magnesiada, de tal manera que un cc. sea equivalente a 0.01% de fósforo partiendo de base: 1 gramo. El acero standard No. 19 (a) del "Bureau of Standard" es recomendado para la standardización de esta solución. Protéjase la solución del  $\text{CO}_2$  mediante un tubo de cal sodada.

8o.—Cloruro Férrico.—Disuélvase 100 gramos de cloruro férrico libre de fósforo en 100 cc. de agua destilada.

9o.—Acido nítrico standard.—Mézclense 5 cc. de ácido nítrico (densidad 1.42) y 1.000 cc. de agua destilada. Titúlese la solución mediante la solución standard de sosa, empleando fenolftaleína como indicador y háganse equivalentes dichas dos soluciones agregando agua destilada.

### METODO

En vaso de 400 cc., se disuelve muestra de 1 gramo en 10 cc. de ácido nítrico, de densidad 1.42 y se calienta la solución hasta eliminar los vapores rutilantes. Se agregan luego 15 cc. de ácido clorhídrico de densidad 1.20 y se evapora a sequedad. Se agregan 10 cc. de ácido clorhídrico de densidad 1.20 y de nuevo se evapora a sequedad pero no se calcina. Se agregan 15 cc. de ácido clorhídrico (densidad 1.20) y se calienta hasta disolución; se diluye con 50 cc. de agua destilada y se lleva a ebullición. Se retira de la parrilla el vaso, se lava el vidrio que lo cubría así como las paredes del propio vaso y se agregan 2 o 3 gramos de zinc químicamente puro en polvo (20 mallas), cada vez hasta que la solución se decolore, esto es, hasta que el cobre, plomo y estaño se precipiten. Filtrar y recibir el filtrado en vaso de 400 cc. lavando bien con agua caliente.

Agréguense 3 cc. de solución de cloruro férrico a este filtrado y alcalinícese ligeramente con hidróxido de amonio. Llève-

se a ebullición, déjese sedimentar y filtrese. Disuélvase este precipitado en ácido clorhídrico diluído caliente y de nuevo alcalínese con hidróxido de amonio. Caliéntese a ebullición, déjese sedimentar y filtrese, lavando bien con agua caliente.

Disuélvase este precipitado en tan pequeña cantidad de ácido nítrico diluído caliente como sea posible, recibiendo la solución en Erlenmeyer de 300 cc. Lávese el filtrado con ácido nítrico diluído y caliente y agua destilada caliente. Evapórese a unos 15 cc., enfríese, póngase ligeramente amoniacal y luego neutralícese con ácido nítrico de densidad 1.42, agregando 5 cc. en exceso. Enfríese a 80°C y agréguese 60 cc. de la solución de molibdato de amonio. Déjese reposar 1 minuto luego agítese 3 minutos y déjese sedimentar. Filtrese a través de papel filtro de 11 cm. de diámetro (usando un poco de pulpa de papel filtro), lávese con el ácido nítrico para lavados hasta ausencia de fierro y luego con solución de nitrato de potasio hasta eliminación del ácido.

Colóquese el papel en el frasco perfectamente libre de ácido en el cual la precipitación original se efectuó, agréguese 25 cc. de agua destilada y un exceso de solución standard de sosa. Mediante una varilla larga de vidrio, se desmenuza el papel filtro. El precipitado amarillo se disolverá en unos cuantos segundos. Se lava la varilla y las paredes del frasco y se agregan unas cuantas gotas de la solución de fenolftaleína; se titula el exceso de sosa standard mediante el ácido nítrico standard.

La concentración de la solución de sosa standard y del ácido nítrico standard en términos de fósforo pueden determinarse empleando acero standard o un bronce fosforado standard en el cual el fósforo se ha cuantado siguiendo el método del molibdato y la mezcla magnesiana.

Los resultados por duplicado deben checar dentro de 0.01% de fósforo.

## **2.—ANÁLISIS RÁPIDO DE LATONES Y BRONCES FOSFORADOS.**

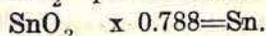
Determinación de rutina Sn, P, Cu, Pb y Zn.

Método rápido para control de fusión.

Aplicación.—En los latones comunes y en bronce para bujes, para carros, cajas, motrices, engranes, silvatos y campanas de locomotoras.

En general se aplica siempre que no haya Sb y As, ni más de 0.25% de Fe.

FUNDAMENTO.—Se transforma el Sn en ácido metaestánico mediante el  $\text{HNO}_3$ ; sepárase por filtración y se transforma en  $\text{SnO}_2$  por calcinación.



En el filtrado se precipita el Pb como  $\text{PbSO}_4$ ; filtrase y bien lavado se disuelve en acetato de amonio y se titula con solución de molibdato de amonio.

Fac. de la sol. de  $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7 \text{O}_{24} \times \text{cc empleados} = \text{Pb}$ .

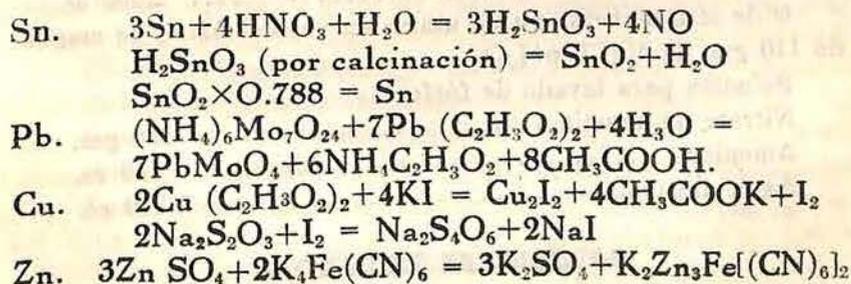
El nuevo filtrado se afora a 500 cc. En una porción alícuota de esta solución; se cuantea el cobre volumétricamente con hiposulfito de sodio en presencia de KI.

Fac. de la sol. de  $\text{Na}_2 \text{S}_2 \text{O}_3 \times \text{cc empleados} = \text{Cu}$ .

En otra porción medida de la solución aforada se elimina el Cu precipitándolo con  $\text{H}_2 \text{S}$ ; se cuantea el Zn volumétricamente con ferrocianuro de potasio.

Fac. de la sol. de  $\text{K}_4 \text{Fe} (\text{CN})_6 \times \text{cc empleados} = \text{Zn}$ .

#### REACCIONES



#### REACTIVOS

Sn.

Solución nítrica:

Acido nítrico con ( $d = 1.42$ )..... 500 cc.

Agua destilada..... 500 cc.

Pb.

Solución de tanino:

Acido tánico ..... 0.5  
Agua destilada ..... 25 cc.

Solución de acetato de amonio:

A 400 cc. de una solución saturada en frío de acetato de amonio se agregan 600 cc. de agua destilada y 15 cc. de ácido acético.

Solución diluida de ácido sulfúrico para lavado de plomos:

Acetato de plomo..... 1 gm.  
Agua destilada ..... 2,100 cc.  
Acido sulfúrico ..... 300 cc.

Solución alcohólica para lavado de plomos:

Alcohol desnaturalizado ..... 1,750 cc.  
Agua destilada..... 1,700 cc.

**P.**

Reactivo de cloruro férrico para pruebas cualitativas para el P:

Cloruro férrico ..... 25 gm.  
Agua destilada ..... 100 cc.  
Acido clorhídrico de pe. 1.20..... 25 cc.  
Solución de mixtura magnesiana para precipitación de P.  
Oxido de magnesio calcinado..... 22 gm.  
Cloruro de amonio..... 280 gm.  
Hidróxido de amonio..... 261 gm.  
Agua destilada..... 2,000 cc.

O de otra manera: puede usarse en vez del óxido de magnesio 110 gm. de  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$

Solución para lavado de fósforos:

Nitrato de amonio..... 100 gm.  
Amoníaco ..... 750 cc.  
Agua destilada ..... 1,500 cc.

### SOLUCIONES TITULADAS

Deben prepararse soluciones frescas cuando se requieran.

Solución valorada de molibdato de amonio:

Molibdato de amonio..... 8.526 gm.  
Agua destilada ..... 2,000 cc.

Se titula pesando 0.1 gm. de plomo químicamente puro y aplicándole la secuela que a continuación se da.

Indicador-tanino.

**Solución valorada de tiosulfato de sodio:**

Tiosulfato de sodio..... 7.6 gm.

Agua destilada..... 1,000 cc.

Se titula pesando 0.1 gm. de cobre electrolítico QP. y aplicándole la secuela indicada después. Puede emplearse también el título de la solución correspondiente a su normalidad.

Indicador.—Engrudo de almidón.

**Solución de almidón:**

A 500 cc. de una solución en frío de 10 gm. de NaCl en agua filtrada se agregan 10 cc. de ácido acético y 3 gm. de almidón soluble. Mézclase en frío hiérvase hasta que se ponga clara; finalmente se le agregan 50 cc. de agua destilada y se deja enfriar. Esta solución se mantiene en perfecto estado indefinidamente.

**Solución de yoduro de potasio:**

Yoduro de potasio..... 50 gm.

Agua destilada..... 100 cc.

**Solución valorada de ferrocianuro de potasio:**

Ferrocianuro de potasio ..... 21.55 gm.

Agua destilada ..... 1,000 cc.

Se titula pesando 0.1 gm. de Zn Q. P. y aplicándole la secuela indicada después. Se deja reposar la solución 12 días antes de usarse; algunos autores recomiendan para que no se altere la solución agregar sulfito de sodio y guardarse en frasco oscuro.

Un cc. es igual a 0.005 gm. de Zn.

Indicador.—Nitrato de uranio.

**Solución en nitrato de uranio.**

Nitrato de uranio..... 10 gm.

Agua destilada..... 100 cc.

**PROCEDIMIENTO**

**Determinación del estaño y fósforo.**—Pésase 1 gm. de la muestra que colocada en una cápsula de porcelana de 100 cc. se ataca con 10 cc. de la solución nítrica. Evapórase a sequedad y se calcina breves instantes hasta que una porción de cobre pasa a óxido, lo que se conoce porque aparecen puntos negros en el extracto. Déjese enfriar y se agregan tres cc. de ácido nítrico concentrado, 20 cc. de agua destilada calentando hasta la disolución

de las sales. Déjase reposar unos 10 minutos y se filtra en papel de cenizas conocidas, se lava el precipitado con agua caliente hasta eliminación del cobre (se investiga con ferrocianuro de potasio) recogiendo, filtrado y lavados en un Erlenmeyer de 300 cc. Sécase el precipitado de ácido metastánico y fosfato estánico: ( $\text{SnO}_2 + \text{Sn}_3(\text{PO}_4)_4$ ) y se calcina en un crisol de porcelana; enfríese y pésese.

En seguida pesar 2 gm. de cianuro de potasio; agréguese al precipitado calcinado a fin de separar el estaño del fósforo; cubrir el crisol y fundir a un calor rojo por 10 minutos. El óxido de estaño es reducido a estaño metálico y el ácido fosfórico unido con el potasio forma fosfato potásico. Extraer el fundido con agua caliente, y el fosfato potásico, juntamente con el cianuro de potasio formado pasará en solución. Filtrar y hervir la solución con ácido clorhídrico (peso específico 1.19) hasta que el ácido cianhídrico es expelido. (Hacer ésto en la campana pues los humos de ácido cianhídrico son muy venenosos).

Enfriar y saturar con corriente sulfhídrica para precipitar todo el cobre y estaño disueltos por ebullición de la solución en presencia de un exceso de cianuro de potasio. Filtrar el sulfuro de estaño y cobre y lavar con agua sulfhídrica. Adicionar un poco de agua de bromo y hervir y expeler el hidrógeno sulfurado. El volumen de la solución no excederá de 50 cc. en este punto. Enfriar y neutralizar con amoníaco o mejor hacerla francamente alcalina. Entonces adicionar de 5 cc. a 10 cc. de mixtura magnésiana, y la mitad de su volumen de amoníaco (peso específico 0.90); agitar bien. Cuando el precipitado de ortofosfato amónico-magnésico ha principiado a formarse, suspender la agitación por diez minutos y luego agitar vigorosamente mucho tiempo a intervalos de unos cuantos minutos. Se suspende la agitación y se filtra (después de permanecer en reposo 5 horas), en un filtro. Lavar con solución de nitrato de amonio y calcinar; pesar en forma de pirofosfato de magnesio.

Calculos:  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 \times 0.27847 = \text{P}$ .  $\text{P} = 2.29 \times \text{P}_2\text{O}_5$

Del peso de :  $\text{SnO}_2 + \text{Sn}_3(\text{PO}_4)_4$  réstese el peso de  $\text{P}_2\text{O}_5$

— Se tendrá el peso del  $\text{SnO}_2$ . —  $\text{SnO}_2 \times 0.7877 = \text{Sn}$ .

**Determinación de plomo.**—Al filtrado que contiene el plomo, cobre, zinc e impureza se agregan 6 cc. de ácido sulfúrico.

caliéntese hasta desprendimiento de humos blancos; se enfría y se diluye. Se filtra y se lava, primero con la solución diluída de ácido sulfúrico y luego con alcohol-agua, recibiendo el filtrado en un matrás aforado de 250 cc. El sulfato de plomo se baja del papel filtro al mismo erlenmeyer de 300 cc. usado antes, perforando la base de papel y empleando agua caliente. Se añade 15 cc. o más si es necesario de la solución de acetato de amonio para disolver el precipitado y se titula en caliente, usando como indicador externo una solución de tanino.

Factor de la solución de  $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24}$  X cc. empleados = Pb%.

**Determinación de cobre.**—El filtrado anterior se afora a 100 cc. Tómese 5 cc. de la solución; se neutralizan con amoníaco hasta que se forme un ligero precipitado de hidróxido, entonces se agrega una gota más hasta que se disuelva y quede ligeramente alcalino. Se neutraliza con ácido acético agregando un exeso de 4 cc. Se añade 5 cc. de la solución de yoduro de potasio y se titula con la solución valorada de tiosulfato de sodio agregando el indicador de almidón cerca del fin de la reacción. El periódico: "Industrial & Engineering Chemistry", volumen 8 No. 3, página 200 de Mayo 15 de 1936 recomienda agregar en la titulación un poco de urea a fin de que sea más exacto el punto final de la titulación.

Factor de la solución de tiosulfato de sodio X cc. empleados = % de Cu.

**Determinación de Zinc.**—En un vaso de 250 cc. se ponen 100 cc. de la solución aforada y se le añade hidróxido de amonio hasta ligera alcalinidad (úsase papel reactivo como indicador). Se neutraliza con ácido clorhídrico concentrado agregando un exeso de tres cc. Caliéntese hasta cerca de la ebullición y se pasa corriente de sulfhídrico hasta precipitación total del cobre. Filtrese y lávese el precipitado tres veces con agua caliente, recibiendo el filtrado y lavados en un vaso de 300 cc. (en el filtrado se investiga cobre con solución de ferrocianuro); si a caso, existe aún vuelve a pasarse ácido sulfhídrico hasta eliminación total. Se hierve el filtrado para eliminar el ácido sulfhídrico y se titula en caliente, a 80° C. con la solución valorada de ferrocianuro, usando indicador externo de nitrato de uranio hasta aparición de color moreno.

Conviene dividir la solución en dos fracciones iguales y proceder como en el caso del plomo; empleando para sacar las gotas y llevarlas al indicador, un tubo de vidrio de corto diámetro.

### EXACTITUD DEL METODO

error máximo.

En Sn  $\pm$  [0.03 + (0.01 x % Sn encontrado)]

En P  $\pm$  [0.02 + (0.008 x % Pb encontrado)]

En Cu  $\pm$  [0.05 + (0.006 x % Cu encontrado)]

En Zn  $\pm$  [0.03 + (0.03 x % Zn encontrado)]

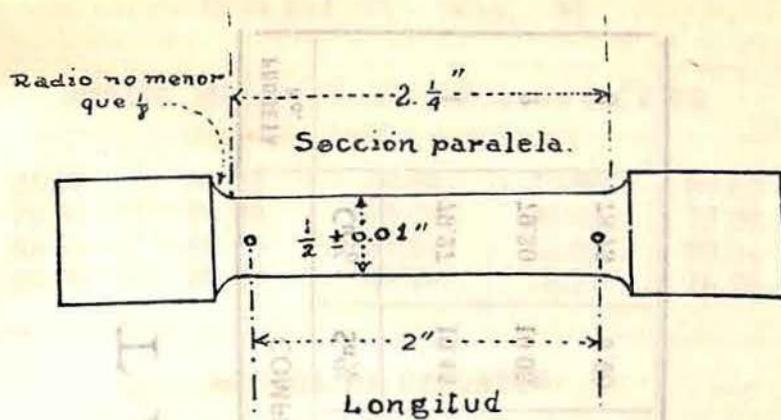
### PRUEBAS MECANICAS DEL BRONCE

Las distintas pruebas mecánicas a que se sujeta el bronce fosforado tienen por objeto obtener un conocimiento acerca de las propiedades mecánicas del mismo.

Las propiedades de un bronce dependen de varios factores. a saber: composición química, método seguido en el proceso de manufactura, temperatura de vaciado en moldes, y algunos otros que influyen de manera decisiva en la calidad del material que se obtenga. Sólo trataré someramente este asunto dado que por su importancia por sí sólo podría constituir tema para una tesis.

Para hacer el estudio de las propiedades mecánicas del bronce, me limité a practicar las siguientes determinaciones: ensayo de tracción dureza y prueba de desgaste.

Para el ensayo de tracción preparé probetas cilíndricas de acuerdo con las dimensiones que recomienda la A. S. T. M. y que muestro en la figura No. 7. La probeta se fija en sus dos extremos por medio de mordazas en una máquina para el ensayo de resistencia a la tensión. Se aplica gradualmente el esfuerzo de tracción de manera que se registre el límite elástico y la carga de ruptura; ésta es la carga máxima que soporta el material antes de romperse. Se mide luego el alargamiento que experimentó la probeta y la reducción de área. El alargamiento experimentado por la probeta sujeta a la prueba de tracción, se mide entre dos marcas hechas en la probeta y la reducción de área, mediante la medición de las secciones antes y después del ensayo. Ambas se expresan en por ciento.



### *Probeta de ensayo*

Fig. No. 1.

En la tabla No. 1 anoto el resultado de las determinaciones.

**Determinación de la dureza.**—El método que seguí para la determinación de la dureza fue empleando el aparato de Vickers. En él la dureza está determinada por la resistencia que opone el material a la penetración de una punta de diamante, sobre la que se aplica una carga; este aparato permite leer las dimensiones de la huella dejada en forma de rombo por medio de la intervención del microscopio.

La práctica consiste en hacer planas por medio de la lima dos caras, una opuesta a la otra, del bronce en estudio; dichas superficies pulidas deben descansar sobre un plano horizontal (este plano es la platina de la máquina) a fin de que la pieza en el momento de aplicarle una fuerza en el sentido vertical, no experimente deslizamiento.

Después de haber hecho 28 pruebas tomé las lecturas más próximas para su cálculo y de este modo dar la dureza media que a continuación expongo en el cuadro siguiente:

# T A B L A N O . 1

PROBETA No.	COMPOSICION QUIMICA						PROPIEDADES MECANICAS *			
	Cu%	Sn%	Pb%	P %	Zn %	Imp. %	Carga de Ruptura <small>(Libras)</small>	Límite elástico <small>(Libras)</small>	Alarga- miento <small>o/o</small>	Reducción de area <small>o/o</small>
1	79.27	10.45	9.15	0.66	0.39	0.08	21055	12000	4.16	2.189
2	79.30	10.05	9.70	0.60	0.24	0.11	21717	12200	4.16	2.36
3	78.75	9.90	10.60	0.35	0.3	0.10	19417	11408	6.22	1.99

## TABLA No. 5

### DUREZA MEDIA EN NUMEROS VICKERS

88.60	88.81	70.24	70.90	88.65
79.91	76.29	90.01	90.00	79.99
85.46	88.20	85.24	76.92	80.36
89.92	80.29	86.26	78.77	76.76

### PRUEBA DE DESGASTE

La realicé mediante la máquina Amsler, con piezas de bronce fosforado, lubricando en unas determinaciones y sin lubricación en otras, En la máquina Amsler, la pieza sujeta a prueba de desgaste, se mantiene fija y sometida a presión de 50 Kgms. por centímetro cuadrado contra un cilindro, de acero en el cual se ajusta. Sujeté a prueba tres probetas haciéndolas trabajar 10,000 revoluciones y obtuve los datos consignados en las Tablas No. 6 y Tabla No. 7.

## TABLA No. 6

### DESGASTE

MUESTRA No.	SIN LUBRICACION		Revol 10000	SIN LUBRICACION	
	Desgaste Revol 10000	En gramos Revol 10000		Revol 10000	Promedio
1	1.1267	1.3243	1.1565	1.2645	1.2180
2	1.1199	1.2998	1.1249	1.2084	1.1880
3	1.1240	1.3091	1.1499	1.2557	1.2096

TABLA No. 2

QUÍZEA MEDIA EN NÚMEROS VIER 2 2

83.88	90.07	88.07	88.88	93.72
98.67	90.00	90.00	92.67	94.91
98.00	90.92	88.84	90.80	94.48
98.76	91.17	90.36	90.88	94.92

PRUEBA DE DESGASTE

Las pruebas de desgaste se realizaron en un aparato de tipo tribómetro, fabricado en una de las industrias de la zona. En la prueba se utilizó un material de prueba de tipo bronce pulido y se sometió a un régimen de 10 000 revoluciones.

TABLA No. 7

DESGASTE

MUESTRAS	Desgaste Revol 10000	EN GRAMOS		Con lubricación	Promedio
		Revol 10000	Revol 10000		
1	0,0439	0.0128	0.0036	0.0002	0.0151
2					
3					

## CAPITULO IV

### OBSERVACIONES METALOGRAFICAS DE LOS BRONCES FOSFORADOS

PREPARACION DE LAS MUESTRAS PARA EL EXAMEN METALOGRAFICO.—ATAQUE Y OBSERVACION EN EL METALOSCÓPIO.—TOMA DE FOTOGRAFÍAS.

### OBSERVACIONES METALOGRAFICAS DE LOS BRONCES FOSFORADOS

**Preparación de las muestras para el examen metalográfico.—Ataque y observaciones en el metaloscopio.—Toma de fotografías.**

Para completar el estudio de los bronce fosforados, después de haber efectuado el análisis químico y las pruebas mecánicas, me dediqué a la preparación de las probetas que me servirían para las observaciones metalográficas, de las cuales sólo me concreto al estudio de una de ellas que resultó ser típica para esta clase de metal.

Ya que no es posible estudiar la metalurgia de los bronce sin hacer ninguna referencia a su microestura y seguir una técnica de la preparación de las probetas sobre la cual microestructura puede ser observada, merece una atención cuidadosa el pulido, ataque y fotografía de la microsección del bronce. También la toma de la muestra que debe elegirse para este estudio, tiene gran importancia, como en el caso del análisis químico, a fin de lograr una correcta interpretación de los resultados.

La toma de la muestra la realicé seleccionando las barras de bronce fosforado. es decir las que presentaban menos porosidades; escogí de ellas las que mejor habían sido trabajadas tanto en el horno, como en los moldes de arena; en seguida hice cortes en tres partes diferentes de la barra, esto es, en las extremidades y en el centro, para que estuviera representada la estructura media.

**CORTE.**—Para esta operación me serví de una sierra mecánica, lubricando con aceite soluble; esto con objeto de evitar un calentamiento de la pieza, que además de ser innecesario ofrece probabilidad de que la estructura se modifique.

A cada probeta le di una forma toscamente cuadrada, teniendo por dimensiones en los lados 12 milímetros por 12 milímetros y una altura de 5 milímetros. Con objeto de identificar todas las probetas de mi colección, grabé a cada una de ellas un número.

**DESBASTE.**—Como el objeto que se persigue con el desbaste es obtener una cara perfectamente plana, sujeté cada pieza en una prensa para proceder al desbaste; éste lo realicé mediante una lima siguiendo la técnica de deslizarla en un solo sentido hasta eliminar toda aspereza que presenta los metales y conseguir de éste modo una superficie lo más plana posible; sumergí la pieza en agua cada vez que la temperatura alcanzada llegaba a quemarme la mano; conseguido mi objeto, eliminé las puntas y las aristas vivas para facilitar las subsecuentes operaciones del pulido.

**PULIDO.**—Esta parte requiere especial atención y la realicé empleando papeles de esmeril de la marca Fisher Scientific Co. de Pittsburgh Penna. de distinto tamaño de grano, puliendo primero en el papel de grano más grueso, el correspondiente al 0, para terminar en el de grano más fino o sea el 0000. Estos papeles los coloqué en una máquina pulidora de discos de madera y cuyo eje acciona a cada par de discos. El eje va acoplado a un motor eléctrico. El número de revoluciones por minuto alcanzado por estos discos es de 400 a 500.

En el primer disco va el papel 0, en el segundo el 00 y así sucesivamente hasta el 0000; los pegué perfectamente con una solución de cola de carpintero bien fluída, sin grumos; tuve la precaución de que no se arrugaran al humedecerse, pues de lo

contrario al efectuar el pulido se rayaría la cara de pulimento de la probeta.

El pulido lo efectué tomando la probeta entre los dedos y ejerciendo una presión muy suave a modo que actuara como muelle; pulí con el papel 0 hasta desaparición de las rayas dejadas por la lima; en seguida la hice girar un ángulo de  $90^{\circ}$  entre mis dedos y pasé a pulir en el siguiente papel o sea el 00, hasta hacer desaparecer las rayas dejadas por el papel anterior. De no proceder en esta forma no se dejaría terminada la operación; esta práctica la seguí repitiendo hasta llegar al 0000; para facilitar esta última fase del pulido, humedecí el papel convenientemente en aceite.

Al cambiar la muestra de un papel a otro procuré limpiarla tanto a ella como al papel con un paño suave a fin de evitar que quedasen partículas de esmeril o de metal las cuales podrían rayar en un caso dado.

Cuando terminé el pulido en los papeles procedí a lavar la muestra con agua corriente y finalmente para eliminar ésta sequé con alcohol, y seguí la práctica de continuar un pulido más fino, en una pulidora de eje horizontal, cuyo disco es de bronce perfectamente plano y sobre el cual va colocando un disco de tela de terciopelo que la casa P. S. Dujaldin G. Dusseldorf suministra; gira el disco con una velocidad que varía de 400 a 1400 revoluciones por minuto.

Para facilitar el pulido en este caso algunos autores recomiendan varios abrasivos tales como el rojo inglés, el polvo de esmeril lavado, la alúmina, etc. Únicamente utilicé la alúmina de la casa anteriormente citada. Dicha alúmina que viene preparada la puse en suspensión en agua la que me dió muy buenos resultados. Esta se puede preparar también según la técnica propuesta por Le Chatelier, y que consiste en pesar 100 gramos de alúmina y añadir dos litros de agua, agitar perfectamente y dejar reposar durante tres horas, en seguida decantar recogiendo la suspensión así obtenida. Dicha suspensión se coloca en un Erlermeyer de 300 cc. con tapón horadado, en el cual penetra un tubo de metal hasta el líquido claro: en la parte media de este tubo va ajustado otro que termina en una pera de caucho que insunfla aire para hacer salir el líquido y humedecer la tela de terciopelo.

lo durante la operación del pulido y evitar así la destrucción de la tela, calentamiento y rayas en la probeta, que nos daría lugar a confuciones en el momento de observarla al metaloscopio.

Concluído el pulido, lavé con agua y finalmente con alcohol; sequé con una franela (libre de polvo) a presión sin que quedasen hilas en la probeta; finalmente la deposité en el desecador para dejarla lista para su ataque y observaciones al metaloscopio.

**OBSERVACION.**—La probeta en estas condiciones, antes de ser atacada debe observarse siempre al microscopio para determinar con ello en caso de que hubiere la existencia de escoria, de sopladuras, de inclusiones, de grietas, etc., etc.

Una vez que la probeta está perfectamente pulida, se ha observado al microscopio y se han hecho las anotaciones del caso, se procede al ataque con reactivos químicos para poner de manifiesto la estructura. El ataque de la probeta se practica introduciéndola en una pequeña cápsula de porcelana donde se habrá puesto un poco de reactivo, de manera que la cara pulida reciba el baño parejo en toda su superficie. Varía el tiempo que debe durar el ataque con los diferentes reactivos que se emplean; sólo después de tener cierta práctica se consigue obtener ataque correcto de las probetas. Es recomendable proceder a un ataque primero muy suave e irlo intensificando si se hace necesario con tratamientos sucesivos. Una vez atacada la probeta, se lava perfectamente con agua y luego con alcohol.

Se guarda en un desecador mientras se lleva al metaloscopio.

#### REACTIVOS

No. 1.—Solución amoniacal de Sulfato de cobre.

Este reactivo pone de manifiesto el constituyente alfa del bronce.

No. 2.—Solución de Cloruro férrico.

Este reactivo pone de manifiesto el constituyente delta.

Hay otros reactivos que aconsejan diferentes investigadores; yo probé los dos que he citado y además sometí las probetas a un

tratamiento térmico mediante el cual se ponen de manifiesto la estructura de una manera muy clara. El tratamiento consiste en lo siguiente: se calienta la probeta en un horno eléctrico de laboratorio, a unos 300° C. y se enfría en mercurio contenido en un pequeño crisol. La cara pulida del bronce adquiere un pavonada que observado al metaloscopio pone de manifiesto la estructura.

La probeta se pone en la platina del aparato y se observa primero con un aumento pequeño y luego se va aumentando éste mediante cambios sucesivos de oculares y objetivos. Una vez localizada la parte de la probeta que resulta interesante para el caso particular, se fija, se observa la imagen formada sobre un vidrio despulido y una vez que se haya logrado el enfocamiento perfecto, se reemplaza el vidrio despulido por el chasis que contiene la placa sensible. Los tiempos de exposición varían con las circunstancias, pues no siempre se ilumina con la misma intensidad el campo. La práctica es la que indica al operador, si es que no dispone de un exposímetro, el tiempo de exposición en cada caso particular. Se procede a revelar las placas sensibles y a obtener copias en papel fotográfico. A continuación inserto una fotografía de una probeta de bronce fosforado de un casquillo.

**Este bronce presenta la siguiente estructura:**

**El plomo queda mecánicamente mezclado y sin formar solución ni compuesto alguno con la aleación restante.**

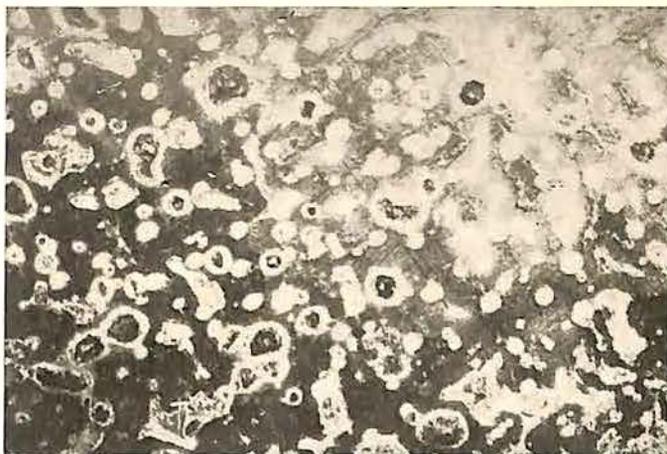
En la fotonitrografía No. 1 puede verse las zonas donde el plomo se ha localizado como puntos y manchas oscuras rodeadas de un halo claro. En la No. 2 se ve con mayor aumento una zona muy bien definida de esta especie, con glóbulos grises de plomo.

El fondo que en la foto se ve obscuro está constituido por solución  $\alpha$  de zinc en cobre, según es fácil interpretar del diagrama respectivo. En la muestra original que se coloró por el calentamiento aparece éste fondo de un color rojo, se ve además, unas laguna que en la muestra son de color amarillo y en la foto aparecen claras, cuyo aspecto de eutéctica está bien desarrollado y que corresponde a la autética de fosfuro de cobre ( $\text{Cu}_3\text{P}$ ).

En la foto No. 2 se ve más aumentada una zona de esta especie en el centro del campo.

El objeto de este examen micrográfico ha sido darse cuenta de la normalidad y buena distribución de los elementos estructurales así como de los defectos que por poros, inclusiones, segregaciones, etc., pudieran presentarse y lo cual tiene fundamental importancia práctica ya que de ellos van a depender esencialmente las características mecánicas del bronce.

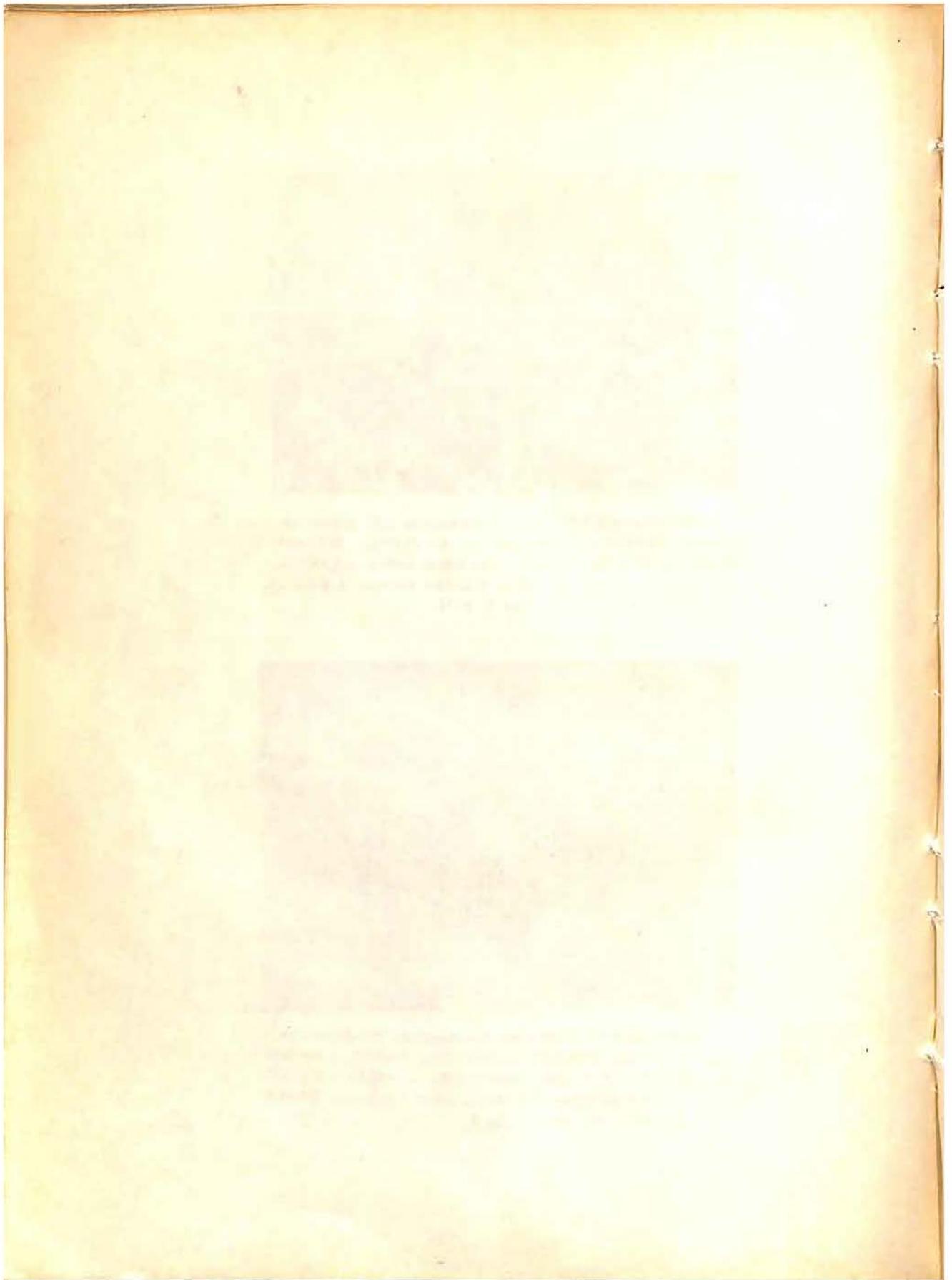
En este caso esta estructura es normal y uniforme correspondiendo a un bronce de esta especie, de buena calidad.



**FOTOMICROGRAFIA No. 1.**—Aumento 185 diámetros  
Bronce fosforado. — Composición Cu-79.27%, Sn10.45%,  
Pb-9.15%, P-0.66%, Zn-0.39%, impurezas 0.08%. **ATAQUE**—  
por oxidación a 150° en horno eléctrico durante 4 minutos.  
**VACIADO** en molde de tierra C. L. Q.



**FOTOMICROGRAFIA No. 2.**—Aumento 900 diámetros.  
ronce fosforado. Composición Cu-79.27%. Sn-45%, Pb-9.15%,  
P-0.66%, Zn-0.39%, Impurezas 0.08%. **ATAQUE.**—Por oxi-  
dación a 150° en horno eléctrico durante 4 minutos. **VACIA-**  
**DO.**—En molde de tierra. C. L. Q.



## CAPITULO V

**Aplicaciones industriales del bronce fosforado.—Empleo como material antifricción y para otros usos diversos.**

En atención a las características que presenta el bronce fosforado, tiene amplias aplicaciones en el terreno industrial. Entre las principales de ellas se cuenta la fabricación de casquillos flotantes para locomotoras y otras piezas de material rodante, por sus buenas cualidades como material antifricción.

En otros terrenos, el bronce fosforado se emplea en la manufactura de cilindros de bomba, piezas varias de prenzas hidráulicas, varillas de pistones, argollas, excéntricos, campanas, alambre, tornillos, herramientas, etc. En algunas máquinas en las que puede ocurrir que ciertas piezas se imanten y se desee evitar esto, suele emplearse el bronce fosforado. En la manufactura de cables y material que va a permanecer bajo tierra, pues el bronce fosforado no se oxida y se mantiene inalterado indefinidamente.

Durante mi práctica tuve oportunidad de comprobar el buen resultado que da el bronce fosforado en la manufactura de casquillos flotantes para locomotoras y chumaceras para las mismas, a causa de su considerable resistencia tanto a la tracción como al desgaste, su tenacidad, su bajo coeficiente de frotamiento, etc. No se calienta excesivamente cuando trabaja a fricción lo cual es muy estimable en el caso, de chumaceras. Presenta la ventaja de poderse trabajar con facilidad en el torno y demás aparatos del taller mecánico pues su dureza no es muy considerable. Las piezas vaciadas, simplemente son limpiadas con arena a presión y desde luego quedan aptas para ser torneadas y entrar inmedia-





**UNAM**

**FECHA DE DEVOLUCIÓN**

El lector se obliga a devolver este libro antes  
del vencimiento de préstamo señalado por el  
último sello



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

