

**INFLUENCIA DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE TEMPLE Y  
NORMALIZADO SOBRE LA MICROESTRUCTURA, DUREZA Y  
RESISTENCIA MECÁNICA Y RESISTENCIA A LA CORROSIÓN DEL  
LATÓN DE ALTA RESISTENCIA**

**INFLUENCE OF HEAT (THERMIC) TREATMENTS OF TEMPERING AND  
NORMALIZATION ON THE MICROSTRUCTURE, HARDNESS, AND MECHANICAL  
RESISTANCE TO CORROSION OF HIGHLY RESISTANCE BRASS**

**Ing° Samuel Rosario Francia, Ing° Luis Héctor Villacorta Arévalo, Ing° Víctor Agustín Falconí Rosadio, Ing°  
Walter Alex Rengifo Sing, Srta Marisela Medina More, Sr Alexander Orihuela Gutiérrez**

**RESUMEN**

**El “Latón de Alta Resistencia” pertenece a las aleaciones Cobre – Zinc que contiene elementos como el hierro, aluminio, manganeso y níquel, otros elementos en porcentaje muy pequeños de tal modo que no afectan las propiedades adquiridas y en el cual el manganeso aumenta la solubilidad del hierro mejorando las propiedades mecánicas y junto con el níquel su resistencia a la corrosión. La presencia del aluminio y el hierro permiten ser tratados térmicamente, el presente trabajo tiene como objetivo establecer las condiciones del tratamiento térmico y su influencia en las propiedades físicas, mecánicas y a la corrosión.**

**Palabras Claves: Latón de alta resistencia, tratamiento térmico, microestructura, dureza.**

**ABSTRACT**

**"Highly Resistance Brass" belongs to the Copper-Zinc alloys and contains elements such as iron, aluminum, manganese, and nickel. It also contains other elements in very small percentages that do not affect the acquired properties and allows the manganese to increase the solubility of the iron, improving its mechanical properties, and along with the nickel its resistance to corrosion. The presence of aluminum and iron allow Highly Resistance Brass to be thermally treated. This research work has the objective to establish the conditions for thermic treatment and its influence on the mechanical and physical properties as well on corrosion.**

**Key Words: "Highly Resistance Brass", thermic treatment, microstructure, hardness.**

**° Docentes de la facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la UNMSM. Email: srosariof@unmsm.edu.pe**

## 1. INTRODUCCIÓN

El latón de alta resistencia conocido también como Bronce al Manganeso que contiene elementos endurecedores como el aluminio, hierro, manganeso, níquel, es un latón complejo para el trabajo en caliente, de alta resistencia mecánica y de resistencia al desgaste por abrasivos.

En los latones ordinarios tiene gran importancia el contenido de zinc por las propiedades físicas de las diferentes estructuras. Cuando están presentes otros elementos como los mencionados, el cálculo del "zinc equivalente" hay que tomarlo en cuenta ya que los elementos que están presentes actúan como si se incrementara el contenido de zinc variando los constituyentes estructurales. La fase alfa ( $\alpha$ ) es blanda y dúctil en cambio la fase beta ( $\beta$ ) es dura y frágil, siendo aún más frágil la fase gamma ( $\gamma$ ). La zona ( $\alpha+\beta$ ) corresponde a un material de características intermedias. Figura 1.

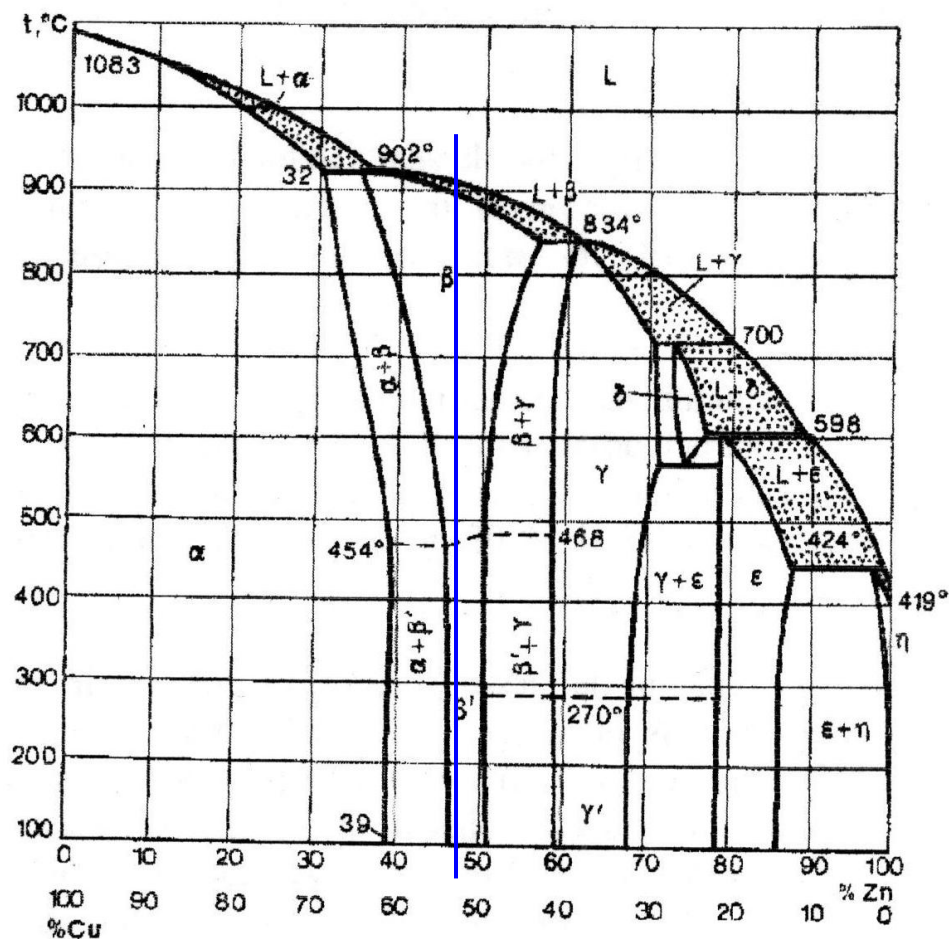


Figura 1: Diagrama de equilibrio de las aleaciones cobre - zinc

El objetivo del presente trabajo es tratar térmicamente al latón de alta resistencia ASTM B147 - 46 / SAE 43 y la meta específica mejorar la resistencia mecánica y a la corrosión del latón de alta resistencia ASTM B147 – 46 / SAE 43

## 2. DISEÑO EXPERIMENTAL

La metodología experimental para obtener resultados ha sido la siguiente:

1. 4 fundiciones. En la primera fusión, se preparó lingotes y luego se refundió. En las siguientes pruebas se empleó material recuperado y nueva aleación en una proporción de 40 – 60. Fotografías 1 a 4
2. Fundición de barras de 2” de diámetro, moldeadas en arena, verde.
3. Análisis químico de los materiales fundidos.
4. Análisis metalográfico. Norma ASTM E 3 – 01 ; ASTM E 407 - 99
5. Pruebas mecánicas de los materiales fundidos y tratados térmicamente.
6. Ensayos de dureza, Brinell y Rockwell b.

De las especificaciones de mayor uso en la industria nacional se han seleccionado las siguientes ASTM B 584 – SAE 43 – C 86500 que se utilizan en piezas estructurales sujetas a desgaste y abrasión, para usos severos como coronas, engranajes rectos, partes de cilindros hidráulicos, guías para trenes de laminación y trefilado, cuerpos de bombas, impulsores entre otros, Tabla 1

<b>Tabla 1. Composición Química (%) de Latones de Alta Resistencia</b>			
<b>Elementos</b>	<b>HTB - 1</b>	<b>HTB - 2</b>	<b>HTB - 3</b>
<b>Cobre</b>	<b>55,0 mín</b>	<b>55,0 mín</b>	<b>55,0 mín</b>
<b>Manganeso</b>	<b>3,0 máx</b>	<b>3,0 máx</b>	<b>4,0 máx</b>
<b>Aluminio</b>	<b>0,5 - 2,5</b>	<b>5,0 máx</b>	<b>3,0 - 6,0</b>
<b>Fierro</b>	<b>0,7 - 2,0</b>	<b>0,5 - 2,5</b>	<b>1,5 - 3,25</b>
<b>Estaño</b>	<b>1,0 máx</b>	<b>0,5 máx</b>	<b>0,3 máx</b>
<b>Níquel</b>	<b>1,0 máx</b>	<b>2,0 máx</b>	<b>1,0 máx</b>
<b>Plomo</b>	<b>0,5 máx</b>	<b>0,5 máx</b>	<b>0,2 máx</b>
<b>Silicio</b>	<b>0,1 máx</b>	<b>0,1 máx</b>	<b>0,1 máx</b>
<b>Impurezas</b>	<b>0,2 máx</b>	<b>0,2 máx</b>	<b>0,2 máx</b>
<b>Zinc</b>	<b>Balance</b>	<b>Balance</b>	<b>Balance</b>

En la preparación de los latones, hay que tener presente la disminución que sufre el cobre (de 4 %) y el zinc (de 8 %), en crisoles pequeños el zinc puede llegar a mermar hasta el 15 %. La composición escogida está en la Tabla 2.

**Tabla 2. Composición para la Fundición**

<b>Cu</b>	<b>Al</b>	<b>Fe</b>	<b>Sn</b>	<b>Ni</b>	<b>Zn</b>
<b>55,0</b>	<b>1,5</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>37</b>

Para deducir las propiedades de aleaciones cobre – zinc con otros elementos empleamos el concepto de equivalencia de cada metal con el zinc, algunos actúan como si se aumentase el contenido de zinc mientras que otros como si se hubiese disminuido, resultando las características del latón especial similares a las de un ordinario con el porcentaje de zinc equivalente a la suma de cada elemento por su factor de equivalencia.

<b>Coefficientes de equivalencia de los elementos de aleación en el latón</b>	
<b>Silicio</b>	<b>10</b>
<b>Aluminio</b>	<b>6</b>
<b>Magnesio</b>	<b>2</b>
<b>Estaño</b>	<b>2</b>
<b>Cadmio</b>	<b>1</b>
<b>Plomo</b>	<b>1</b>
<b>Manganeso</b>	<b>0,5</b>
<b>Hierro</b>	<b>- 0,1 a -1,5</b>
<b>Níquel</b>	<b>- 0,5 a -1,3</b>

La fórmula general:

$$\% Zn = \frac{10.Si + 6.Al + 2.Mg + 2.Sn + \dots + Zn \times 100}{10.Si + 6.Al + 2.Mg + 2.Sn + \dots + Zn + Cu}$$

Se representa por símbolos químicos los porcentajes de aleación de cada elemento. Esta equivalencia es solo válida para porcentajes de elementos de aleación inferiores al 3 por ciento.

## 2.1 Proceso de fusión de la aleación



Figura 1. Fundición, controlando la temperatura



Figura 2. Barras coladas en moldes de arena.



Figura 3. Barras fundidas para examinar.



Figura 4. Desmoldeando las barras solidificadas en los molde.

El latón fundido se protegió con el fundente de cobertura, el manganeso es un fuerte desoxidante de esta aleación, se desgasifica con material que contiene cloro y luego se vierte la aleación en los moldes.

## 3. MÉTODOS Y RESULTADOS

### 3.1 Composición química:

Muestra N°	Análisis Químico - Resultados							
	Zn	Mn	Al	Fe	Sn	Ni	Cu	Pb
1	37,18	0,124	1,93	1,49	1,53	0,013	57,5	0,129
2	37,50	2,54	1,60	1,08	1,05	0,90	55,23	0,10
3	37,50	3,05	1,60	1,10	0,98	1,05	54,72	0,12
4	37,50	3,02	1,55	1,08	1,02	1,02	55,75	0,08

Tomando como referencia la experiencia en la primera fundición se mejoró la técnica de fusión, orden de fusión, tiempo, zinc fundido aparte y luego mezclando ambos líquidos.

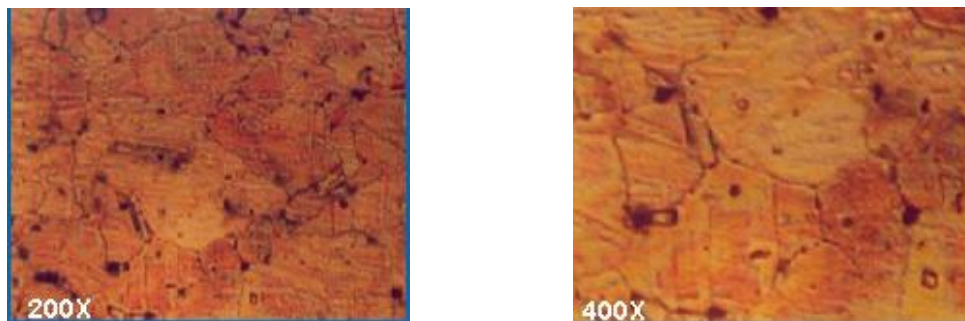
### 3.2 Análisis metalográfico

Latón de alta resistencia en estado bruto de colada. Microfotografía 1



**Microfotografía 1. Bruto de colada A 200X y 400X, respectivamente Ataque con Cloruro Férrico**

El tratamiento térmico del recocido a 650 °C tiempo ¾ de hora. Microfotografía 2.

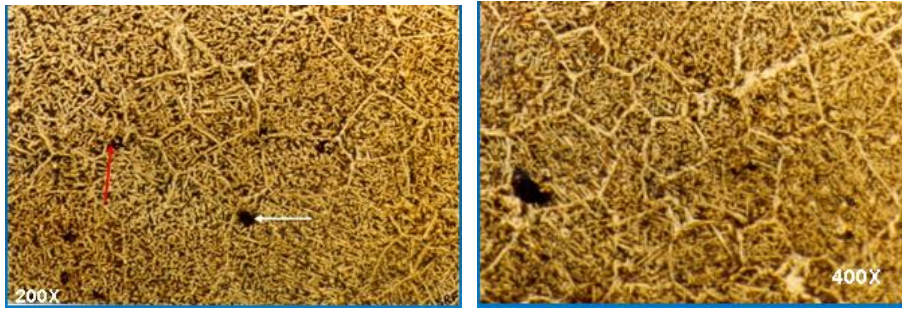


**Microfotografía 2. Fase alfa ( $\alpha$ ) y beta ( $\beta$ ) puntos oscuros de compuestos de Fe y Sn. Ataque con Cloruro Férrico 200X y 400X**

El tratamiento térmico a 650°C y enfriado lento en el horno de homogenización.

El tratamiento de temple, a 700°C, tiempo 1 hora, enfriado en agua circulante a 20°C, con el propósito de mantener en disolución la mayor parte de la fase alfa ( $\alpha$ ) y los compuestos de Hierro y Estaño y dar mayor dureza y mejorar las propiedades de resistencia con la menor variación del alargamiento. Microfotografía 3





(a)

(b)

**Microfotografía 3. (a) Fase beta ( $\beta$ ) clara sobre una matriz a oscura, Puntos negros, Compuesto rico en Hierro. Otros puntos oscuros discontinuidades de la fundición. (b) Compuestos blancos ricos en estaño. 200X y 400X**

Influencia del tiempo de remojo, tratamiento térmico a 700°C durante 1 hora 15 minutos, enfriado en agua agitada a 20°C. Microfotografía 4



**Microfotografía 4. Fase beta ( $\beta$ ) clara, fase alfa ( $\alpha$ ) oscura mayor solubilidad de compuestos en la fase beta ( $\beta$ ). 400X**

### 3.3 Pruebas Mecánicas

Propiedades Mecánicas			
	R. Tracción kg/mm	Fluencia Kg/mm	Alargamiento %
Solicitado	45	17	20
Bruto colada	43	15	22
Con TT	47	18	20

Como se observa, se ha logrado mejorar las propiedades mecánicas y de dureza, pero no lo suficiente como para responder a las exigencias de desgaste por abrasión. La dureza debería alcanzar entre 90 a 95 Rc b

### 3.4 Dureza,

Durómetro BRINELL (300kg y 10 mm de diámetro)

<b>Valores de dureza Brinell HB y Rockwell b</b>				
<b>en bruto de colada y con tratamiento</b>				
<b>térmico de temple</b>				
<b>Punto</b>	<b>HB sin TT</b>	<b>HR b</b>	<b>HB con TT</b>	<b>HR b</b>
<b>1</b>	<b>100</b>	<b>64</b>	<b>116</b>	<b>73</b>
<b>2</b>	<b>106</b>	<b>67</b>	<b>120</b>	<b>75</b>
<b>3</b>	<b>103</b>	<b>66</b>	<b>120</b>	<b>75</b>
<b>4</b>	<b>100</b>	<b>64</b>	<b>118</b>	<b>74</b>
<b>5</b>	<b>118</b>	<b>74</b>	<b>126</b>	<b>78</b>

## 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La temperatura teórica para la fusión del material en estudio varía entre 1000° y 100°C, se fijó en 1000 °C para el vertido. La homogenización del metal se obtuvo con la refusión de la aleación, la presencia de aluminio permite la formación de una película fina de óxido de aluminio  $Al_2O_3$  que sirve de protección al baño metálico.

El contenido de Zinc equivalente 47,59% nos permite ubicar la aleación en el diagrama Cu – Zn Figura 1.

Las propiedades mecánicas de las muestras ensayadas presentan un incremento, manteniendo el alargamiento, la dureza no alcanzó los valores esperados para trabajar al desgaste abrasivo.

El análisis metalográfico muestra el cambio de la estructura del latón de alta resistencia de la experiencia en estado bruto de colada, estructura acicular, fase alfa ( $\alpha$ ) oscura y beta ( $\beta$ ) clara, con puntos oscuros de compuestos de Fe y blancos de Sn cuando es tratada térmicamente mayor solubilidad de compuestos en la fase beta ( $\beta$ ).



## 5. CONCLUSIONES

1. La fusión de los latones de alta resistencia requieren la preparación de aleaciones madre que refundidas permitan alcanzar homogeneidad en su estructura y con menores problemas de gases y oxidación de elementos de la aleación...
2. Es posible tratar térmicamente a los latones de alta resistencia y mejorar las propiedades mecánicas con variación de la dureza por el tipo de estructura que presenta el material.
3. La presencia de la fase beta prima ( $\beta'$ ) es difícil de observar con el microscopio óptico, el diagrama de fase lo incluye...

### Recomendaciones

1. Continuar con más pruebas con diferentes temperaturas y tiempos de tratamiento a fin de alcanzar mayor dureza sin alterar significativamente el % de alargamiento mínimo.
2. Continuar con experiencias de resistencia al medio, pruebas de corrosión, el problema sería la decinzificación del material.
3. Los tratamientos térmicos deben estar orientados a mantener un tamaño de grano para evitar disminuir las propiedades mecánicas y el comportamiento a la corrosión

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Elustondo J.( 1975). *La Fusión del Cobre y sus aleaciones*. Asociación Técnica y de Investigación de Fundición. Revista Colada. España Vol. 6 N° 10
2. Phillip Ellis J. (1970). *Clasificación, propiedades y aplicaciones del Cobre para fundir con algunas notas sobre diseño*. Revista Colada. España Vol. 3 N° 7
3. American Society For Metals.(1977). *Metals Handbook*, Eight Edition Vol. 1 USA
4. Roig Roura Juan (1972). *Características de solidificación de las aleaciones de Cobre*. Revista Colada . España Vol. 5 N° 2