

Recibido: 10 / 10 / 2009, aceptado en versión final: 15 / 11 / 2009

Estudio del conformado plástico del latón al bismuto

Study of the plastic metal conforming of brass with bismut

Eusebio Nelson Dionicio Padilla Víctor¹, Augusto Vega Guillén¹, Oswaldo Gonzales Reynoso¹, Víctor Falconi Rosario¹, Luis Alfredo Orihuela Salazar¹, Juan de Dios Quispe¹, Valdivia Samuel Rosario Francia¹, Edgardo Tabuchi Matsumoto¹, Héctor Villacorta Arévalo¹, Manuel Prudencio Caballero Ríos¹, Julia Calderón de Alvarado¹, Nelson Dionicio Díaz²

RESUMEN

El material latón al bismuto (I), cuya microestructura está formado por cristales $\alpha + \beta$, presenta inclusiones de bismuto en los límites de grano y en el grano.

El material latón al bismuto-selenio (II), cuya microestructura está formado por cristales $\alpha + \beta$, presenta inclusiones de bismuto en los límites de grano y en el grano; el selenio se presenta en los límites de grano.

Las propiedades mecánicas encontradas en promedio, I y II son:

Esfuerzo a la rotura, Mpa	385	387
Esfuerzo a la fluencia, Mpa	180	175
% de elongación	38,8	40,5
Dureza, BHN	110	112

La velocidad de corrosión electroquímica en milésimo de pulgada por año (mpy), según Tafel es como sigue:

Material I

En agua de caño: mpy = 0,998

En solución de NaCl al 3.56%: mpy = 1,065

Material II

En agua de caño: mpy = 0,970

En solución de NaCl al 3.56%: mpy = 1,105

Palabras clave: Latón al bismuto, aleación ecológica, latón ecológico.

ABSTRACT

The Bismuth Brass Material which microstructure is formed by α and β crystals presents Bismuth inclusions in the grain boundaries and in the grain.

The Bismuth-Selenium Brass Material which microstructure is formed by α and β crystals presents Bismuth inclusions in the grain boundaries and in the grain; Selenium is presented in the grain boundaries.

The mechanical properties are the following:

Mean Properties	I	II
Tensile Strength, Mpa	385	387
Yield Strength, Mpa	180	175
Elongation %	38,8	40,5
Hardness, BHN	110	112

1 Docentes de la E.A.P. de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos

2 Estudiante de la E.A.P. de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos

The speed of electrochemistry corrosion in mpy, according to Tafel is the following:

Material I

Tap Water: mpy = 0.998

NaCl Solution at 3.56% mpy = 1.065

Material II

Tap Water: mpy = 0.970

NaCl solution at 3.56%: mpy = 1.105

Keywords: Bismuth Brass, Ecological Alloy, Ecological Brass.

I. INTRODUCCIÓN

En la literatura técnica sobre la aleación latón al bismuto, se ha encontrado: Harld T. Michels (Harold, 2002) describe la necesidad por remplazar el plomo en los latones fundidos a fin de cumplir con los límites de plomo en el agua potable; Plewes et al. (Plewes, 1951) indican que el cobre aleado con bismuto puede mejorarse sus propiedades de ductilidad y maquinabilidad agregando fosforo, indio o estaño; D.W.Davies (Davies, 2005), publicado por Copper Development Association Inc., August 1993, sobre un número de patentes sobre aleaciones Cu:Bi, eliminando el uso de plomo; la Federal Metal Company⁴ - USA desarrolló aleaciones como alternativa para remplazar el plomo. Estas aleaciones utilizan bismuto y ciertos elementos para refinar el grano de las aleaciones, estas aleaciones se denominan Federalloys.

Una finalidad importante de las operaciones de conformación plástica es destruir y afinar la estructura columnar o dendrítica presente en los metales y aleaciones coladas.

Es frecuente que la baja resistencia mecánica y poca ductilidad de las piezas coladas se deba a la presencia de un constituyente frágil en los límites de los granos y de las dendritas. La deformación por compresión permite usualmente fragmentar el constituyente frágil y hace posible el flujo de la matriz dúctil entre los fragmentos para que, soldándose entre sí, den lugar a una estructura perfectamente sana.

Una vez que el constituyente frágil se ha fragmentado, influye menos en las propiedades mecánicas y mejoran la ductilidad y la resistencia. La forja y la laminación son procesos que normalmente se destinan a destruir la estructura de colada, aunque la extrusión es el mejor método para conseguirlo, porque la palanquilla está exclusivamente sometida a fuerza de compresión.

El latón, como una de las aleaciones de cobre más conocidas, más empleadas y más económica, depende principalmente de su composición.

Las diferentes aleaciones de latón se comportan en la conformación de manera muy variada. El latón α , con un contenido de cinc inferior al 36% (Ms 90

hasta Ms 63), se conforma bastante bien en frío; en cambio es uno de los pocos materiales cuya conformación resulta más difícil en caliente que en frío. Su conformación en caliente es visiblemente peor que la del cobre. En cambio, las aleaciones de cinc β , con contenido de cinc entre el 36 y 45% (Ms 60 hasta Ms 56), se conforman bien en caliente, mientras que los tipos llamados latón γ , con un contenido de cinc superior al 48% no se conforman satisfactoriamente ni en caliente ni a temperatura ambiente.

Un método gráfico, basado en la teoría de los campos de deslizamiento, para estimar el límite superior de la fuerza de extrusión, ha sido propuesto por W. Johnson (Johnson, 1959).

El aumento de temperatura producido por la deformación del metal es mayor a velocidades de extracción elevadas y pueden acentuarse las dificultades relacionadas con la fragilidad en caliente; el balance térmico durante la extracción ha sido discutido por A.R.E. SINGER y J.W. COAKHAM (Singer, 1959).

Para valorar la influencia de cada elemento en el latón, L. GUILLET (Guillet, 1983) estableció coeficiente de equivalencia (Si = 10; Al = 5; Sn y Mg = 2; Cd, Pb = 1; Mn = 0,5; Ni = 1,5). Estos elementos en la aleación, al igual que el Bi, aumentará el equivalente del porcentaje de cinc, lo que modifica la microestructura del latón.

La figura 1 representa la conformabilidad de aleaciones de latón a diferentes temperaturas. Se ve que el cobre puro se conforma mejor en caliente que el latón α , pero peor que el latón β . Se ve también la influencia de la temperatura de conformación. Temperaturas de elaboración más elevadas dan resultados favorables especialmente en el caso del latón β . La zona de temperaturas adecuadas para la conformación en caliente se halla entre 700 y 850 °C.

II. MÉTODOS ELECTROQUÍMICOS DE ESTIMACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN

Cualquier material metálico sumergido en un medio corrosivo tiene un potencial característico en ausencia de influencias externas, que se conoce por potencial de reposo, en circuito abierto o de corrosión

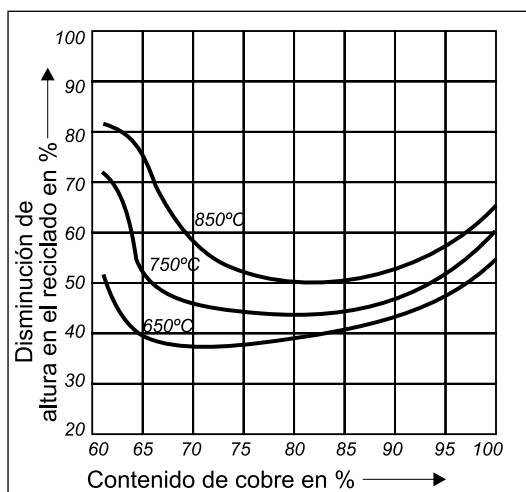


Gráfico 1: Conformabilidad en caliente de aleaciones de cobre-cinc a diferentes temperaturas expresada en función de la disminución de altura para una misma fuerza de recalcado

y denominaremos E_{corr} . Externamente, se puede actuar sobre el sistema imponiéndole un potencial y registrando la intensidad o viceversa. Al valor $E - E_{corr}$, medida de la modificación impuesta desde fuera, es lo que se conoce como polarización, η , y a la relación que se establece entre el potencial y la intensidad como curva de polarización.

De la curva de polarización, en la región lineal se aplica la ecuación de Tafel: $\eta = a +/- b \log i$

Donde a y b son constantes y η es el sobrepotencial (la diferencia entre el potencial a una corriente i y el potencial del electrodo reversible $E - E_{corr}$).

Las curvas de polarización pueden ser determinadas experimentalmente y calculadas cuando el cambio de densidad de corriente y los coeficientes de transferencia son conocidos, además al determinarse la intensidad de corriente de corrosión se puede determinar la velocidad de corrosión del material en estudio.

III. DISEÑO EXPERIMENTAL

La metodología experimental para obtener resultados ha sido la siguiente:

1. Balance de materiales para obtener las aleaciones de latón de la presente investigación.
2. Fundición de los tochos en coquilla de 3 pulg.
3. Análisis químico de los materiales fundidos.
4. Análisis metalográfico de los materiales fundidos.
5. Extrucción de los tochos de 3 pulg a ¾ pulg.
6. Pruebas mecánicas de los materiales extruidos.
7. Pruebas de corrosión en los materiales en agua potable y agua salina al 3,56% ClNa.

Mediante técnicas electroquímicas.

IV. MÉTODOS Y RESULTADOS

Composición química:

Método de análisis: espectro de emisión

Elemento	material I	material II
Cobre	57,5	59,8
Estaño	0,67	0,61
Bismuto	2,22	2,01
Selenio	0,00	0,19
Fierro	0,015	0,106
Fosforo	0,050	0,056
Cinc	39,42	37,26

Se acompaña las figuras y tablas respectivas.

Análisis metalográfico



Figura 1. Análisis metalográfico 100x, muestra I, fundido ataque con cloruro férrico, presenta granos dendríticos formación de fases aisladas de bismuto.



Figura 2. Análisis metalográfico 100x, muestra II, fundido ataque con cloruro férrico. Se observan granos dendríticos bastos, algunas fisuras en los límites, y pequeños granos en formación.



Figura 3. Análisis metalográfico 500x, muestra II, fundido ataque con cloruro férrico. Se observan granos dendríticos bastos en los límites, granos pequeños de selenio dispersos o formando fases aisladas.

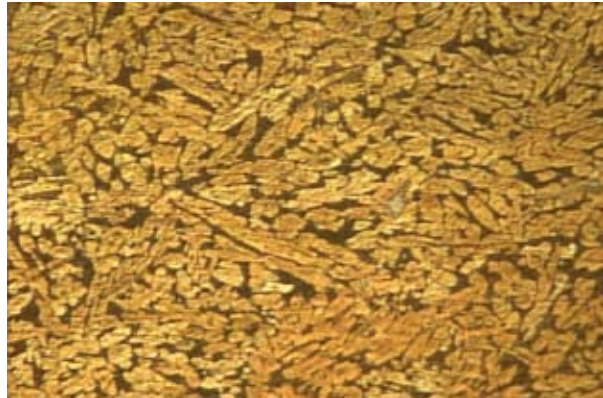


Figura 5. Análisis metalográfico 500x, muestra II, extruido ataque con cloruro férrico. Se observan granos dendríticos bastos, fases dispersas de selenio, observándose microfisuras.



Figura 4. Análisis metalográfico 100x, muestra I, extruido ataque cloruro férrico. Se observa granos equiaxiales, alargándose hacia el centro como si fueran columnares posible debido al crecimiento de granos, también se observan microfisuras, inclusiones de bismuto en formación.

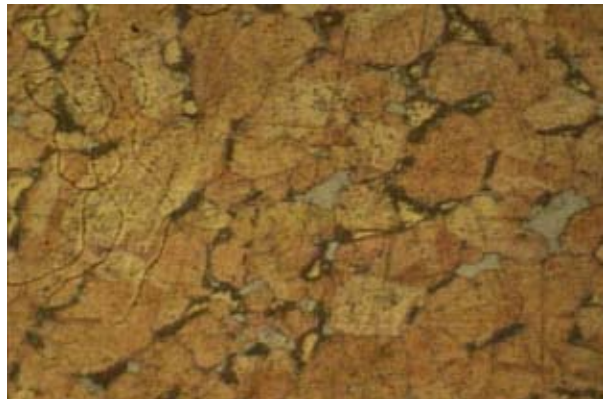


Figura 6. Análisis metalográfico 200x, muestra II, extruido ataque con cloruro férrico. Se observan granos de forma dendrítica basta (gruesa) con pequeñas fases dispersas de selenio, observándose también microfisuras.

Pruebas mecánicas

Material extruido

Propiedades promedias	I	II
Esfuerzo a la rotura, Mpa	385	387
Esfuerzo a la fluencia, Mpa	180	175
% de elongación	38,8	40,5
Dureza, BHN	110	112

Ensayos de corrosión

Método electroquímico

Mediciones potencioestáticos

Material I: latón al Bi

Diámetro 14.5 mm / área 1.651 cm²

Agua de caño:

C = 756 uS

T = 20,2 °C

V₀ = -5 mV

Tabla 1

mA	mV
0,2	-14
0,5	-24
0,7	-32
1,0	-40
1,2	-48
1,5	-56
1,7	-62
2,0	-74
2,3	-84
2,5	-92

2,8	-100
-----	------

Material I

Tabla 2

NaCl al 3,56%

T = 25 °C

$V_0 = -5mV$

mA	mV
0,2	-10
0,5	-22
0,7	-32
1,0	-46
1,1	-60
1,2	-64
1,3	-66
1,5	-72
1,7	-80
1,9	-88
2,0	-92
2,1	-94

Material II: latón Bi- Se

Diámetro 14.5 mm / área 1.651 cm²

Agua de caño:

T = 20,5 °C

C = 756 uS

$V_0 = -4mV$

mA	mV
0,2	-12
0,4	-20
0,5	-24
0,7	-30
1,0	-38
1,2	-46
1,4	-52
1,5	-56
1,8	-66
2,0	-72
2,2	-78
2,3	-80

Tabla 4

NaCl al 3,56%

T = 25 °C

$V_0 = 4mV$

mA	mV
0,3	-16
0,5	-26
0,7	-34
0,8	-40
1,0	-50
1,2	-56
1,5	-80
1,7	-84

Fig. 7

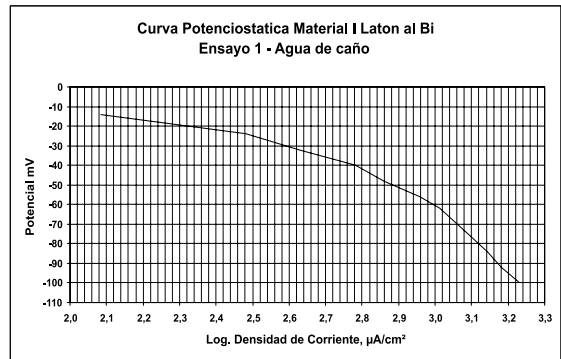


Fig. 8

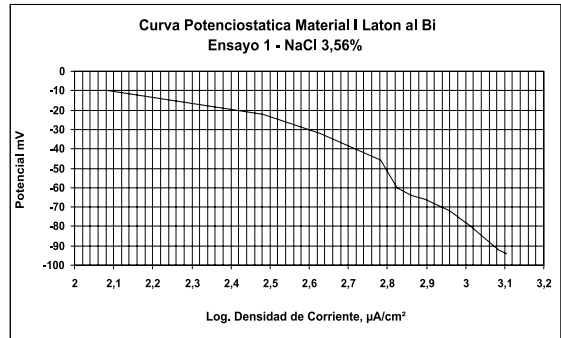


Fig. 9

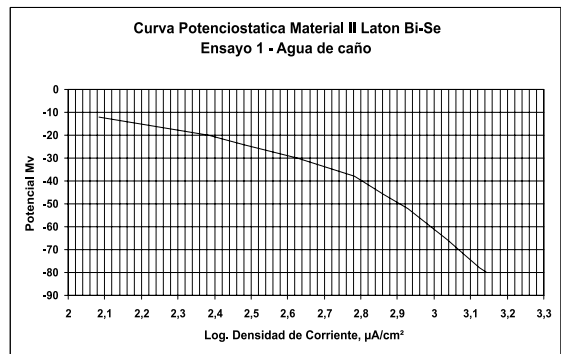
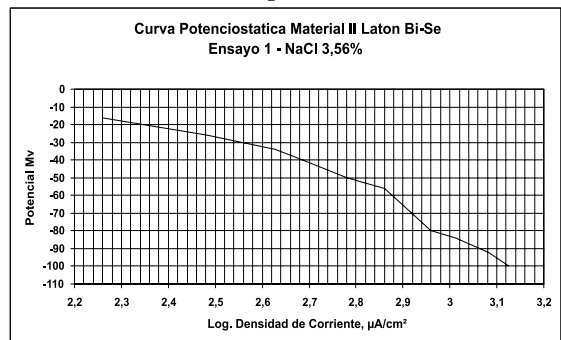


Fig. 10



2,0	-92
2,2	-100

Velocidad de corrosión

Material I

En agua de caño: mpy = 0,998

En solución de NaCl al 3.56%: mpy = 1,065

Material II

En agua de caño: $mpy = 0,970$

En solución de NaCl al 3,56%: $mpy = 1,105$

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La temperatura teórica para el conformado plástico del material en estudio varía entre 650 y 850 °C, habiendo fijado 800 °C para el calentamiento de los tochos y luego ser extruido. Los resultados indican que los granos han crecido, por lo que la temperatura debe ser menor.

El porcentaje de Zinc es de 39,42% (I) y 37,26% (II); sin embargo, para valorar la influencia de cada elemento en la aleación, se debe considerar los coeficientes equivalentes, lo que daría un latón en Zinc de: 43,01 (I) y 40,49 (II), respectivamente, lo cual influye en la microestructura del material.

Las propiedades mecánicas de los latones ensayados I y II tienen mejores propiedades que los latones aleados al plomo en lo concerniente al esfuerzo a la rotura y la fluencia; sin embargo la dureza es mucho mayor.

V. CONCLUSIONES

El material latón al bismuto (I), cuya microestructura está formado por cristales $\alpha + \beta$, presenta inclusiones de bismuto en los límites de grano y en el grano.

El material latón al bismuto-selenio (II), cuya microestructura está formada por cristales $\alpha + \beta$, presenta inclusiones de bismuto en los límites de grano y en el grano; el selenio se presenta en los límites de grano.

El efecto del crecimiento de grano en el material extruido se debe al calentamiento del tocho a 800 °C en el horno de gas, para luego ser extruido.

Las propiedades mecánicas encontradas son como sigue:

Propiedades promedias	I	II
Esfuerzo a la rotura, Mpa	385	387

Esfuerzo a la fluencia, Mpa	180	175
% de elongación	38,8	40,5
Dureza, BHN	110	112

En el maquinado de las probetas para las pruebas mecánicas se ha observado que el material latón al Bismuto (I) presenta mejor maquinabilidad que el latón al Bismuto-Selenio (II).

La velocidad de corrosión electroquímica en milésimo de pulgada por año (mpy), según Tafel es como sigue:

Material I

En agua de caño: $mpy = 0,998$

En solución de NaCl al 3,56%: $mpy = 1,065$

Material II

En agua de caño: $mpy = 0,970$

En solución de NaCl al 3,56 %: $mpy = 1,105$

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Harol T. Michels. Replacing lead in brass plumbing castings. Advanced Material & Process, January 2002, USA.
2. Plewes et al. Free – cutting Copper Alloys containing no lead. Advanced Materials and Process; 1991, 140, 23 - 27.
3. D.W. Davies: CDA, August, A Practical Approach to Continuous Casting of Copper – Based Alloys and Precious Metals, IOM Communications Ltd, Londres, 143, 2000.
4. Federalalloy. The Federal Metal Company Bedford, Ohio, USA.
5. Johnson W. Proc. Inst. Mech. Engrs, 173: 61 -72, 1959.
6. Singer A.R.R. y J.W. Coakham. Metalurgia, 60: 239-246, 1959.
7. Guillet L. Metalografía. Rusia: Editorial Mir, 1983, 2: 267.