

Caracterización del Latón

Ing. Edwin Ponciano Mora Pozo

Carrera de Metalurgia y Ciencia de Materiales, Universidad Técnica de Oruro

Dipl. Ing. Edgar Venegas Ledo

Carrera de Metalurgia y Ciencia de Materiales, Universidad Técnica de Oruro

Resumen

Los latones son aleaciones con una gran diversidad de aplicaciones, que varían fundamentalmente en función de la cantidad de zinc en la aleación. En nuestro medio no son muy conocidas generalmente confundidas con los bronce, aleaciones de propiedades muy diferentes.

Existen muchos factores que influyen en las propiedades de los latones. La temperatura de colada es muy importante ya que el tiempo de solidificación es muy corto y esto influye en la formación de la estructura.

Pero más importante es el molde, porque la velocidad de enfriamiento del metal fundido determina tanto el tamaño de grano como las fases que precipitan. Se pudo observar que la presencia de fase beta en la aleación le da mayor dureza y resistencia; para el latón 60/40 (fase alfa más beta), la dureza es de 120 HB y la resistencia a la tracción es de 4.220kg/mm² y para el latón 70/30 (fase alfa), la dureza es de 80 HB y la resistencia a la tracción es de 2.000 Kg/mm²

Si se requieren piezas que posean buenas propiedades de resistencia mecánica se debe emplear latones de fase alfa más beta. En cambio si se requiere piezas con buenas propiedades de resistencia a la corrosión y desgaste, además de poseer una facilidad de maquinado se debe seleccionar un latón fase alfa.

Palabras clave: Aleación, laton, caracterización, temperatura de colada, velocidad de enfriamiento.

Brass characterization

Abstract

The brasses are alloys with a wide variety of uses, which are based in the amount of zinc in the alloy. In our country, brasses are generally confused with bronzes, which have different properties.

There are many factors that influence the brass properties. The casting temperature is very important, because the solidification time is very short, and this time affects the formation of the structure.

The most important thing is the mold, because the cooling rate of molten metal determines the grain size and the precipitated phases. The presence of beta phase gives to the ally more hardness and more resistance. The hardness of the 60/40 brass is 120 HB, and its traction resistance is 4.220 kg/mm². The hardness of the 70/30 brass us 80 HB, and its traction resistance is 2.000 kg/mm².

When pieces with good properties of mechanic resistance are needed, brass with alpha and beta phases can be used. When pieces with good resistance to corrosion are needed, alpha phase brass can be used, this material is also easy to machine.

Key works: Alloy, brass, caracterización, casting temperature, cooling rate.

Caracterização do latão

Resumo

Os latões são ligas de metais que têm uma grande diversidade de aplicações, que variam fundamentalmente em função da quantidade de zinco na liga. No nosso meio, os latões não são muito conhecidos, e geralmente são confundidos com o bronze, que é uma liga de propriedades muito diferentes.

Há muitos fatos que influem nas propriedades dos latões. A temperatura da colada é muito importante já que o tempo de solidificação é muito pequeno e influi na formação da estrutura.

O mais importante é o molde, porque a velocidade de resfriamento do metal fundido determina o tamanho do grão e as fases que precipitam. Foi possível observar que a existência da fase beta na liga dá-lhe uma maior dureza e resistência; para o latão 60/40 (fase alfa mais beta), a dureza é de 120 HB e a resistência à tração é 4.220 kg/mm², e para o latão 70/30, a dureza é de 80 HB e a resistência à tração é 2.000 kg/mm².

Se forem requeridas peças que tenham boas propriedades de resistência mecânica, devem ser utilizados latões de fase alfa mais beta. No entanto se forem requeridas peças com boas propriedades de resistência à corrosão y desgaste, além de ter facilidade de usinagem, deve ser escolhido um latão fase alfa.

Palavras chave: Ligas, latões, Caracterização, temperatura da colada, velocidade de resfriamento.

1. Introducción

En la actualidad el acelerado desarrollo de la tecnología ha llevado a un crecimiento de la competitividad de las industrias en el mercado, generando la necesidad de alcanzar estándares internacionales de producción.

Por otra parte, el uso o empleo de un material requerirá de un gran número de factores, ligados entre sí. Uno de los primeros es el proceso a seguir en la elaboración del producto por moldeo o tratamiento mecánico, habiendo, naturalmente establecido de antemano las propiedades principales físicas, tecnológicas y mecánicas requeridas de un producto para un determinado servicio.

En los procesos de elaboración mediante moldeo surgirá la elección del tipo de moldeo, por ejemplo, en arena o en coquilla, según se trate de series cortas o grandes, y otros factores ya citados, no prestándose para ello todos los tipos de cobre y sus aleaciones, ya que su aptitud para dichos procesos dependerá de determinadas propiedades físicas y tecnológicas del material, tales como su intervalo de fusión, contracción lineal, colabilidad, compacidad y fragilidad de contracción.

Además, podrán interesar propiedades tecnológicas, tales como fácil mecanización o resistencia a la mecanización, resistencia a la corrosión y oxidación, o bien cualidades de rozamiento y de resistencia al desgaste. Igualmente requerirá cumplir determinadas propiedades físicas relacionadas, por ejemplo, con el peso específico, el coeficiente de dilatación, la conductividad térmica o eléctrica, el calor específico y el mismo color de la aleación podrá ser un factor determinante.

Finalmente dentro de las diversas características mecánicas deberán seleccionarse materiales que posean elevada dureza o resistencia mecánica, o un límite elástico elevado, o bien ductilidad, tenacidad, resistencia a la fatiga o resistencia mecánica en caliente, según las condiciones de servicio exigidas en el proceso de elaboración seguido y de los tratamientos térmicos o mecánicos aplicados.

2. Objetivos

La presente investigación busca cuantificar las propiedades mecánicas más importantes para motivar la fabricación de latones como alternativas de uso industrial. De ahí que los objetivos planteados sean evaluar los siguientes parámetros:

- La dureza como principal parámetro para evaluar la resistencia a la abrasión.
- La resistencia al esfuerzo de tracción, como parámetro que permite determinar la calidad de piezas para usos de tipo industrial muy fuertes.
- El desgaste por abrasión, que en determinados casos puede predecir el tiempo de vida útil de las piezas.
- La resistencia a la corrosión, parámetro que se analizó bajo medio ácido.

3. Fundamentación Teórica

3.1. Caracterización de los Latones

Los latones son aleaciones binarias de cobre y zinc combinados en distintas proporciones que, prácticamente, oscilan entre: Cu de 50 – 95% y Zn de 50 – 5%.

Estas aleaciones son más fusibles que el cobre; tienen una elevada resistencia a la corrosión, e incluso en atmósferas marítimas poseen buenas propiedades lubricantes.

Los latones comerciales pueden dividirse en dos amplios grupos, latones para trabajo en frío (latones α) y latones para trabajos en caliente (latones α más β).

La ductilidad y resistencia mecánica varía según el contenido de zinc, las mismas aumentan con el porcentaje de zinc, llegando al máximo cuando el contenido de zinc es del 30%, este proporciona una buena combinación de resistencia mecánica y ductilidad cuando no es esencial una resistencia a la corrosión de grado máximo. Al aumentar el contenido de zinc por encima del 30%, disminuye la ductilidad del metal, volviéndose quebradizo y duro; sin embargo, la resistencia a la tracción alcanza su máximo con, aproximadamente, 45% de zinc. La dureza Brinell de los latones oscila entre 50 y 60.

Estas modificaciones de las propiedades mecánicas son motivadas por la alteración de la estructura interna.

La conductibilidad eléctrica de los latones baja cuando el contenido de zinc aumenta [1].

Al aumentar el contenido de zinc por encima del intervalo de la solución sólida α , la estructura de los latones cambia a una mezcla de las fases α y β . La composición del metal Muntz (60% Cu y 40% Zn), reúne la resistencia mecánica de la mezcla α y β , a temperatura ambiente y la mayor ductilidad de una estructura de una sola fase, a temperaturas elevadas [6].

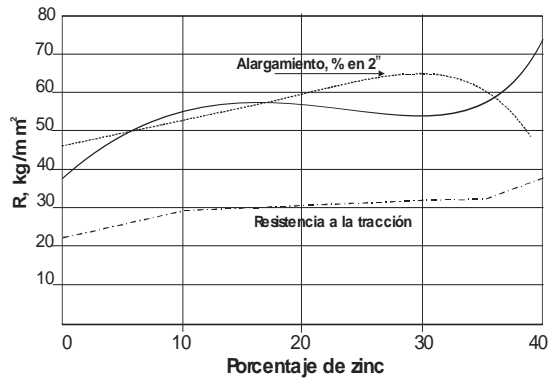


Figura 1. Influencia del contenido de zinc en la resistencia a la tracción, elongación y dureza.

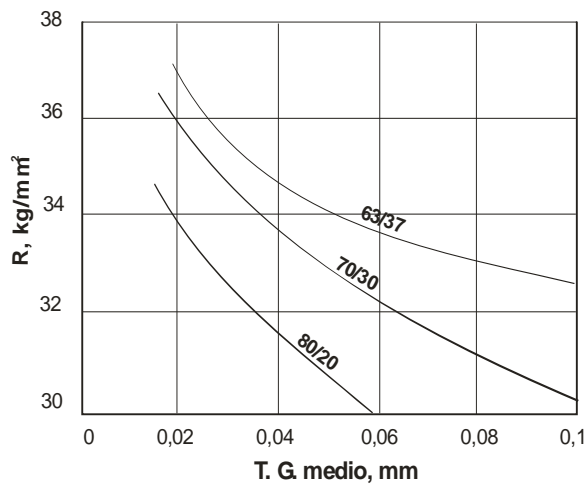


Figura 2. La influencia del tamaño de grano sobre la resistencia a la tracción de los latones.

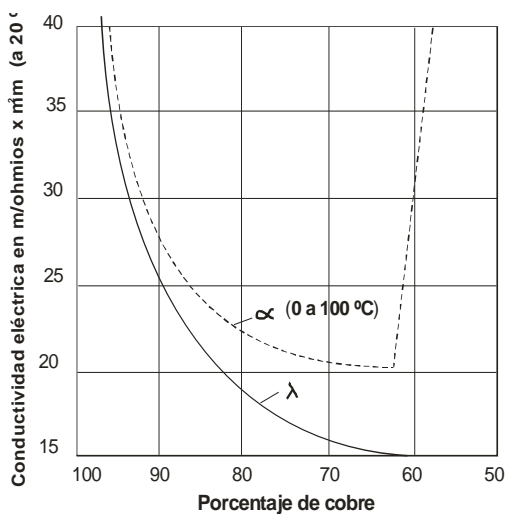


Figura 3. Conductividad eléctrica de los latones.

3.1.1. Latones α

Estas aleaciones contienen más del 63% de cobre. Estas aleaciones tienen ductilidad y buenas propiedades para ser sometidas a transformaciones en frío [1].

El color de este tipo de latones varía en relación al contenido de cobre, de rojo en las aleaciones altas en cobre, a amarillo en las que contienen aproximadamente un 62% de Cu.

3.1.2. Latones $\alpha + \beta$

Estos latones tienen un porcentaje de cobre comprendido entre 54 y 62, y que están compuestos por dos fases, α y β' .

A temperatura ambiente, la fase β' es más dura y frágil que la α ; por tanto, estas aleaciones son más difíciles de trabajar en frío que los latones α . A temperaturas elevadas la fase β adquiere una gran plasticidad y, como la mayoría de estas aleaciones pueden alcanzar el calentamiento la región monofásica β , presentan excelentes propiedades para el trabajo en caliente.

3.1.3. Latones β

Se utilizan sobre todo como metales de *aportación para la soldadura fuerte*; por ejemplo: 50% Cu – 50% Zn. Punto de fusión: 870 °C.

Los latones β están sujetos al ataque intergranular por el estaño fundido y por las sales amoniacales y aminas.

A pesar de ello, se utilizan latones β con 5 a 6% de aluminio y 1 a 1,5% de hierro y manganeso, para obtener moldeos de alta resistencia mecánica ($R = 7.500 \text{ Kg./cm}^2$), que desgraciadamente son muy sensibles a la corrosión bajo tensiones en el agua de mar y las soluciones cloruradas (así como al ataque por el estaño fundido y sus aleaciones) [4].

3.1.4. Latones Complejos

Estas aleaciones conocidas como latones de alta resistencia a la tracción, o mejor conocidas con el nombre de *bronces al manganeso*, que es muy poco afortunado. No son realmente bronce, sino latones, y las principales características no se deben al manganeso, que puede estar sólo en pequeñas proporciones.

La presencia de otros elementos de aleación puede modificar las propiedades intrínsecas de las fases presentes o modificar la proporción entre las fases. La composición se puede ajustar para lograr dos tipos de estructura con diferentes propiedades mecánicas.

La composición base es la de un latón del tipo de metal muntz, con el porcentaje de cobre comprendido entre 53 y 60. Los metales de aleación usualmente añadidos son estaño, hierro, níquel, manganeso y aluminio. Es necesario ajustar muy bien las composiciones para conseguir las propiedades requeridas y el buen comportamiento en las condiciones de servicio.

Los varios elementos actúan entrando en la solución sólida y reemplazando al zinc, con la excepción del níquel, que se comporta como si fuera cobre. Los equivalentes de sustitución del zinc para los diversos elementos de aleación fueron estudiados por Gillet en una investigación clásica, y los valores encontrados entonces son todavía útiles como orientación para conocer la estructura esperable para cada composición.

3.2. Factores Metalúrgicos que Afectan la Práctica de Fundición

El cobre y zinc forman una muy importante serie de aleaciones comerciales y encuentra una extensa aplicación en la industria. La popularidad de los latones es debida en gran medida a su alta resistencia a la corrosión, para la facilidad de maquinado que posee además de la variación de las propiedades mecánicas obtenidas por cambios en la composición [5].

3.2.1. Composición Química

La influencia que ejerce el contenido de zinc sobre las propiedades de los latones es motivo fundamental para considerarlo como un factor determinante, además de que ésta también define la temperatura de trabajo. Como es conocido, no todas las aleaciones de cobre se prestan para la fabricación de piezas por moldeo sino más bien por forja, esto sugiere el método de producción.

3.2.2. Temperatura de Colada y Colabilidad

Suponiendo que se han establecido condiciones satisfactorias de fusión, es de la mayor importancia la temperatura de colada correcta y bien controlada.

Los puntos de fusión de las aleaciones de base de cobre se encuentran en el intervalo de 1.200 °C – 900 °C. Las densidades de los latones varían aproximadamente en forma lineal con el contenido de zinc en el margen de 8,93 para 0% y 8,28 para 50% de zinc [8].

La temperatura adecuada evitará grandes pérdidas de zinc en la aleación por oxidación de zinc durante la fusión, ocurriendo grandes pérdidas si se calientan inadvertidamente a temperaturas donde el vapor de zinc puede desprenderse fácilmente, por ejemplo latones con 10, 20, 30 y 40% de zinc desprenden vapores de zinc de 1.600, 1.300, 1.145 y 1.070 °C, respectivamente.

El intervalo de solidificación es corto y la contracción de solidificación elevada, por lo que hay que asegurar una buena alimentación por medio de mazarotas grandes y con procedimientos auxiliares especiales.

El tratamiento a que son sometidos los metales antes de colarlos es también de gran importancia. La temperatura a que se someten al fundirlos debe ser conveniente; si no se calientan suficientemente, se solidifican antes de penetrar en las pequeñas cavidades del molde, y si se cuelean a una tem-

peratura muy superior a la de fusión, se contraen notablemente antes de empezar a solidificarse, formando asperezas en la superficie de la pieza, que se deprime en muchos puntos y queda cuajada de pequeñas cavidades.

Los sistema de colada es función directa de la colabilidad de los materiales; por lo tanto, su fluidez es la que determina el tipo de sistema de colada para que el molde sea completamente ocupado por el metal líquido, por ejemplo las aleaciones con intervalos de solidificación estrechos, cuando están inadecuadamente alimentadas, presentan cavidades de contracción de solidificación grandes y aisladas. Por lo tanto, es necesario determinar una buena técnica de colada para eliminar la mayor cantidad de defectos posibles.

3.2.3. Influencia del Tipo de Molde

En los procesos de elaboración mediante moldeo surgirá la elección del tipo de moldeo, por ejemplo, en arena o en coquilla, según se trate de series cortas o grandes.

Es sabido que el tipo de molde es una variable fundamental en el proceso de colada siendo que la velocidad de enfriamiento del metal es función directa de la transferencia de calor del metal al molde y del molde al medio ambiente, esto en la mayoría de los casos determina la constitución y la estructura de la pieza, esto a su vez determina las propiedades mecánicas, influyendo directamente en el desempeño de las piezas y por tanto su aplicación. Por lo cual no sólo se debe considerar si el molde es de series cortas o grandes. Lo que se debe considerar es la calidad de la pieza a obtener.

El molde metálico genera un enfriamiento acelerado del metal fundido, en tanto que los moldes de arena dan un tiempo más largo a la solidificación, procurando un mayor crecimiento de los granos y afectando a la conformación de la estructura de la pieza.

4. Metodología Experimental

Para realizar la presente investigación se determinó seguir el procedimiento del diseño factorial que permite evaluar los efectos de las variables en estudio. Los materiales requeridos equipos y procedimientos de ensayo se detallan a continuación.

4.1. Materiales para las Pruebas

Para la realización de las pruebas se dispuso el empleo de:

- Zinc metálico (99,5% de pureza)
- Cobre metálico (alambre electrolítico como chatarra)
- Bronce procedente de Sur África (Cu 5,Sn 5,Zn)

4.2. Modelo y Probetas Consideradas

Las probetas se diseñaron según la forma dada para las probetas de ensayo para la prueba de resistencia a la tracción de la norma alemana ISO1338 –1977, para colada en coquilla de aleaciones de cobre.

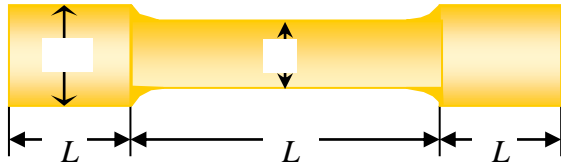


Figura 4. Barra estándar para prueba de tensión, cilíndrica de $L_1 = 30,36$ mm, $L_2 = 103,12$ mm, $D = 16,19$ mm y $d = 9,92$ mm.

4.3. Preparación de los Materiales para Moldes y Machos

La arena en verde utilizada tiene los siguientes componentes:

- Arena procedente de la localidad de Collana (La Paz), clasificada.
- Aglomerante (bentonita).
- Agua.

Previo selección de la composición y las mejores propiedades de mezcla se tiene una composición utilizada de 6% bentonita y 5% de agua, el resto de arena

4.4. Fusión de la Carga

La fusión se realizó en el horno de resistencia "TAMMAN" de la Carrera de Metalurgia Oruro (Presión atmosférica = 0,68 at.). El crisol de chamota con capacidad de 2 kg de carga.

Primero se realizó la evaluación de pérdida de zinc por volatilización, para lo cual se trabajó a la temperatura mínima de fusión de cobre. Las alternativas consideradas primero la formación de aleación madre rica en zinc (50% Zn) y otra rica en cobre (30% Cu), la cual seguiría a refusión para colada, la otra alternativa es fusión para colada directa. Dentro de la formación de aleación madre se realizó mediante fusión conjunta del cobre y zinc y por fusión del cobre y posterior adición del zinc

4.5. Temperatura de Fusión y Colada

La temperatura de fusión de la carga dentro el horno se controló de manera visual, de manera práctica la aleación indica el momento de la formación del caldo homogéneo.

La temperatura inferior se controló en el horno a partir de la visualización de la emanación de zinc volatilizado como humo blanco, pero de pequeña proporción que se intensifica al fundirse el cobre en su totalidad; y luego se le da de uno a dos minutos de sobre-calentamiento para luego sacar el crisol con el fundido. Posteriormente se insertó un termopar tipo S al caldo para controlar la temperatura de colada que se deja a 5° sobre la temperatura de trabajo; es decir, 1.005 °C para latones 60/40, siendo su temperatura de colada al molde 1.000 °C. La temperatura superior se controla en el horno por visualización del vapor de zinc cuando este alcanza ya una fuerte volatilización acompañado de borboteo en el

caldo, se dejó un minuto de sobre-calentamiento, luego se sacó el fundido y controló con el termopar que la temperatura se encuentre a 1.050 °C.

Similarmente el procedimiento de observación para la temperatura de fusión en el horno para latones 70/30, la temperatura inferior de colada al molde es de 1.050 °C. La temperatura superior es de 1.100 °C.

4.6 Procedimiento Experimental

El trabajo específico se define en el esquema de la figura 5.

Las condiciones en las que se realizaron las pruebas siguiendo el diseño experimental factorial a dos niveles se expresan en la tabla 1.

TABLA 1. Condiciones experimentales de las variables.

Variable	Límite inferior	Límite superior
% Zn en la aleación	40%	30%
Temperatura de colada	$T_f + 50$ °C	$T_f + 100$ °C
Molde	Arena	Arena

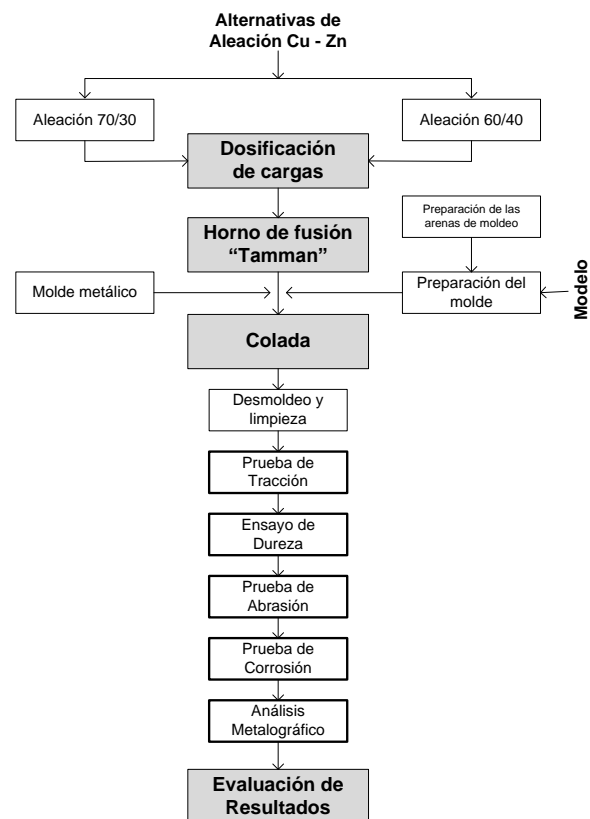


Figura 5. Esquema del procedimiento experimental.

5. Resultados

TABLA 2. Recopilación de los resultados de las pruebas experimentales

VARIABLE MOLDE DE COLADA	VARIABLE TEMPERATURA	TRACCIÓN R, kg/cm ²	ELONGACIÓN en 1 cm, (%)	DUREZA HB	DESGASTE mg/hr	CORROSIÓN mg/dia*dm ²
ALEACIÓN 70/30						
ARENA	1.100	2.154	50	52,5	313	50
	1.050	2.365	60	48	263	60
COQUILLA	1.100	2.632	60	59	148	30
	1.050	2.872	60	60,5	68	40
ALEACIÓN 60/40						
ARENA	1.050	3.840	20	120	785	70
	1.000	3.495	40	95	253	60
COQUILLA	1.050	4.228	70	96,5	453	80
	1.000	3.470	60	88	212	40
BRONCE						
		4305	0	129	282	40

En una determinación aproximada de las fotografías mediante el método de Heyn, se tiene un tamaño de grano medio de 6,6 mm para los latones 60/40, y 1 mm, para los latones 70/30, colados en arena y 4,8 mm, para latones 60/40, y 0,5 para latones 70/30, colados en coquilla.



Figura 6. Fotografía de los granos de las piezas de latón a un aumento de 4x (Diámetro original de la pieza 2 cm).

La formación dendrítica de la fase beta en una matriz alfa se observa claramente para la aleación 70/30, la proporción de fase beta varía según el tiempo de solidificación y velocidad de enfriamiento.

Las probetas coladas en coquilla tienen estructuras dendríticas finas, y en las aleaciones 60/40 ya existe una formación más amplia por el incremento de la fase beta.



Figura 7. La fotografía de la estructura dendrítica para aleación 70/30 (izquierda), 60/40 (derecha), a un aumento de 18x.

El efecto calculado de todos los parámetros de las composiciones dadas es como sigue:

Tabla 3. Efectos de los parámetros para cada composición

	VARIABLE	TRACCIÓN	DUREZA	DESGASTE	CORROSION
30% Zn	Velocidad de enfriamiento	+^^^	-^	+^	+^^^
	Temperatura de colada	-^^	+^	-^	+^^
40% Zn	Velocidad de enfriamiento	+^	+^^	+^	+^
	Temperatura de colada	-^^^	0	-^^	-^^

Efecto	(+)	positivo	(-)	negativo
	0	sin efecto	^^	significativo o medio
	^	bajo	^^^	muy significativo o alto

5.1. Resistencia a la Tracción

El tipo de rotura que se observa es parcial de taza y cono típico de una aleación dúctil. Llegando a un valor máximo de resistencia, pero con tendencia a la fractura.

a) Latón 60/40

Realizando el análisis de varianza correspondiente para el cual el valor de $F_{crit} = 5,54$, para un nivel de confianza del 10%, se deduce que el efecto de la temperatura es significativa para mejorar la resistencia a la tracción en latones 60/40; es decir, que con el incremento de la temperatura se obtiene mayor resistencia a la tracción, de igual manera si la velocidad de enfriamiento es mayor se incrementa también la resistencia a la tracción, siendo el molde más recomendable el molde metálico. De estas dos variables, la más significativa es la temperatura de colada.

b) Latón 70/30

De igual manera que en el caso anterior y siendo que el valor de F_{crit} es el mismo para este caso y todo el resto, se tiene que la temperatura de colada tiene un efecto considerable en la resistencia a la tracción pero a la inversa, es decir, a menor temperatura mejor la resistencia a la tracción, en este caso el efecto del molde es más significativo que la temperatura y de forma similar el molde más aconsejable es el molde metálico.

5.2. Dureza

Los valores de dureza obtenidos en laboratorio dados en la escala Rocwell B, y Reckwell C, fueron transformados a la escala Brinell para su comparación con valores recopilados en bibliografía y más usuales en la industria.

a) Latón 60/40

El efecto de la temperatura no es significativo, es decir que la dureza del material no se ve afectada por la temperatura de colada, el efecto de tipo de molde si es significativo pero inverso, dicho de otra manera a menor velocidad de enfriamiento mayor dureza, por lo cual es más aconsejable el molde de arena.

b) Latón 70/30

El efecto de la temperatura tampoco es significativo sobre la dureza obtenida del material, sin embargo el tipo de molde si incrementa la dureza del material y el recomendable en este caso es el molde metálico.

5.3. Resistencia al Desgaste

a) Latón 60/40

Ambos efectos son significativos, siendo que el incremento de la temperatura incrementa el desgaste de este material, pero la velocidad de enfriamiento debe ser lo más rápida posible, de manera que el molde más adecuado es el metálico.

b) Latón 70/30

De igual forma que en la composición anterior ambos efectos son significativos y de similar comportamiento, pero en este caso el más significativo es temperatura de colada y no así el tipo de molde.

5.4 Resistencia a la Corrosión

Según los datos recopilados por el ensayo en medio ácido.

a) Latón 60/40

Se tiene que la única variable que afecta la resistencia a la corrosión es la temperatura de colada, esto se debe al tipo de estructura que se forma, dependiendo de la cantidad de fase beta que llega a formarse durante la solidificación, así, a menor temperatura de colada mayor resistencia (esto por que el signo positivo en este caso, se debe interpretar como mayor corrosión).

b) Latón 70/30

En este caso ambas variables tienen un efecto no muy significativo pero positivo, de modo que a mayor temperatura y mayor velocidad de enfriamiento se tiene mayor resistencia a la corrosión.

6. Conclusiones

Los latones son aleaciones de características diversas y con propiedades que se prestan a un amplio sector de aplicación. En las condiciones experimentales realizadas, las conclusiones extraídas son las siguientes:

a) Aleación 60/40

La aleación 60/40 tiene la mayor resistencia a la tracción y alcanza valores máximos a la temperatura de colada de 1.050 °C, en molde metálico (4.228 kg/cm²). Datos enmarcados a los valores recopilados en bibliografía, así como en el comercio internacional, muestran que se encuentran entre 3.000 a 5.000 Kg/cm².

La dureza de este tipo de aleaciones alcanza 120 HB, colada en molde de arena a la temperatura de colada de 1.050 °C, este valor se encuentra dentro los valores comerciales que están entre 50 a 60 HB.

Por otro lado la resistencia al desgaste es la menor en éste tipo de aleaciones, y tiene una proporción inversa a la resistencia a la tracción. Para valores de dureza y resistencia a la tracción altos, la resistencia al desgaste y la resistencia a la corrosión son más bajos.

La mejor resistencia al desgaste es de 212 mg/hr y el mejor valor de resistencia a la corrosión es 40 mdd.

b) Aleación 70/30

La aleación 70/30, alcanza como máximo a 2.872 kg/cm² colado en coquilla a la menor temperatura de colada, y el mejor valor de dureza es 60,5 HB, para la misma aleación. Estos valores se encuentran dentro del marco esperado que son 1.700 a 2.500 kg/cm² y 40 a 60 HB.

Las mejores propiedades de este tipo de aleación son la resistencia al desgaste y la resistencia a la corrosión. Su resistencia al desgaste es 68 mg/hr, colada en coquilla a la menor temperatura de colada.

La resistencia a la corrosión para esta aleación es 15 mg/hr*m². Colada en molde metálico a la temperatura de colada de 1.100 °C. Además se ve que el valor más alto de corrosión de esta aleación es comparable al valor más bajo de la composición 60/40.

Finalmente se puede concluir que para aplicaciones donde las propiedades principales a tomar en cuenta son la dureza y la resistencia a la tracción, se optaría por la aleación 60/40, en este caso para la fabricación de piezas sometidas a un gran esfuerzo mecánico. En caso de que las propiedades requeridas sean la resistencia al desgaste y la resistencia a la corrosión, debe optarse por la composición 70/30, que tam-

bién tienen aceptables valores de dureza y resistencia a la tracción en caso de requerir materiales duros en medios agresivos; además se mejora sus propiedades con la adición de algunos compuestos, los cuales no se estudiaron en este proyecto.

También se puede concluir que el molde es determinante para la obtención de las propiedades requeridas, indiferente de la composición que se trate, propiedades que se pueden mejorar con un tratamiento posterior.

La temperatura de colada es un aspecto metalúrgico de gran importancia, pues esta influye directamente sobre la composición de la aleación; además de contribuir en las propiedades finales de la pieza. Siendo que el control de la temperatura es muy difícil de realizar con exactitud es necesario generar medios de control efectivo por su importancia.

Bibliografía

1. BIEDERMAN. *Fundición de los Metales no Férricos*. Barcelona: Montesó, 1955, 54-57.
2. AVNER. *Introducción a la Metalurgia Física*. México: McGraw Hill, 1974, 360-369.
3. ROJAS CALVO, A. *Prontuario Metalúrgico*, Tomo I y Tomo II, INTA, 1968.
4. HERENGUEL, J. *Metalurgia Especial*, Tomo II. España: Ed. URMO, 1971, 82, 94, 100.
5. COONAN. *Principles of Physical Metallurgy*. USA: Harper & Brothers Publisher, 1943, 49.
6. GUY, Albert. *Metalurgia Física para Ingenieros*. Addison Wesley, 1960, 152.
7. HOWARD. *Tratado Práctico de Fundición*. Madrid: Ed. Aguilar, 1962, 111-114.
8. MURPHY, A. J. *Fundición de los Metales no Férricos*, Madrid: Ed. Tecnos S. A., 514, 516.
9. GUTIÉRREZ BENAVIDES, Hernán. "Mejoramiento de la calidad de piezas de corte para equipo pesado a través del empleo de otros materiales y/o tratamiento térmico". Tesis de Licenciatura. Oruro: Universidad Técnica de Oruro, Carrera de Ingeniería Metalúrgica, 1997.
10. TITOF. *Tecnología de Fundición de los Metales No Férricos*. Moscú: Ed. MIR, 1981.
11. www2.ing.puc.cl/icm cursos/metalurgia/apuntes/cap7/73/.