

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALURGICA



**“PROCESO DE FABRICACION DE FLEJES DE LATON
Y ALPACA”**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO METALURGISTA**

ANTONIO DIONICIO LUQUE CONDORI

LIMA - PERU

2009

A Dios por ser la luz que ilumina mi vida, por darme la fortaleza en los momentos más difíciles.

A mis Padres: Dionicio y Leonor por la confianza, paciencia y apoyo brindado desde el inicio de mi formación ya que sin ellos no habría logrado lo que ahora soy.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Empresa CIRINVE SAC la oportunidad brindada para la realización de este informe y a su personal técnico e ingenieros de producción y control de calidad que de una u otra manera colaboraron conmigo desinteresadamente para el éxito de mi labor.

RESUMEN

El presente trabajo es el resumen de mi experiencia profesional en la planta de colada continua, desempeñando el cargo de Supervisor de Producción, lo cual me permitió aplicar mis conocimientos teóricos a la práctica directamente, fortaleciendo mi formación profesional. En momentos en que en nuestro país se encuentra en desarrollo a nivel de Latinoamérica por lo que origina inversiones del extranjero haciéndolo un país competitivo, por lo que tenemos que contar con profesionales y técnicos con conocimiento de principios y métodos de operaciones de sistemas continuos de producción, control de calidad y laboratorio químico metalúrgico.

El presente trabajo es la contribución de uno de los sistemas de colada continua horizontal ya existente en diferentes empresas en el Perú, describiendo se observan acerca de sus ventajas y beneficios se describe y explica las operaciones de la colada continua horizontal.

CONTENIDO

INTRODUCCION	1
CAPITULO I: GENERALIDADES	3
1.1 El cobre y sus aleaciones	3
1.2 Influencia de las impurezas en aleaciones de cobre	5
1.3 Aleaciones de cobre – zinc	7
1.4 Aleaciones cobre - níquel – zinc	10
CAPITULO II: PRODUCTOS Y ESPECIFICACIONES	12
2.1 Línea de flejes de latón	12
2.2 Línea de flejes de alpaca	13
CAPITULO III: PROCESO DE MANUFACTURA	16
3.1 Fusión	19
3.1.1 Hornos de fusión	19
3.1.2 Horno de mantenimiento	21
3.1.3 Especificaciones químicas	23
3.1.4 Fusión de materiales	24
3.1.5 Insumos	25
3.1.6 Tratamiento metalúrgico	25
3.1.7 Transferencia de metal al horno de mantenimiento	26
3.1.8 Control en el horno de mantenimiento	26
3.2 Colada continua horizontal	27
3.2.1 Horno de fusión	30
3.2.2 Enfriamiento primario del metal	30
3.2.3 Enfriamiento secundario del metal	33
3.2.4 Extractor	34
3.2.5 Corte de placa	36
3.2.6 Calidad de la placa	36
3.3 Laminación	38
3.3.1 Escalado de placas	38
3.3.2 Laminado de placas	40

3.4 Tratamiento térmico	42
3.4.1 Hornos de recocido	43
3.5 Soldadura de rollos	46
3.6 Decapado	46
3.7 Corte y empaque	47
3.8 Control de calidad	47
3.8.1 Inspección visual	47
3.8.2 Controles físicos y químicos	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFIA	54
ANEXOS	55

INTRODUCCION

La fabricación de flejes de latón 70/30 y Alpaca C-74500 en CIRINVE SAC. es un ejemplo del empleo de las técnicas de colada continua horizontal que están siendo utilizadas en nuestro país con resultados satisfactorios, ofreciendo grandes ventajas y efectuando resultados muy eficientes y satisfactorios.

La descripción del proceso de fabricación se harán siguiendo las etapas: fundición, laminado, recocido.

En la etapa de fundición y laminado se realiza la descripción del proceso ya que aquí se decide las características físicas y químicas que permiten someter al material a las siguientes etapas del proceso de fabricación.

El cobre es un metal muy importante en nuestro País, no sólo por su abundancia, y consiguiente obtención de divisas, sino también por su gran demanda, ya sea en forma pura o aleado a otros metales, a pesar del desarrollo de nuevas tecnologías, sobretodo en el campo de las comunicaciones tales como la fibra óptica en base a materiales compósitos han desplazado al cobre. El cobre es muy tenaz y dúctil y se suelda muy bien y muchas de sus aleaciones se caracterizan por una conveniente asociación de resistencia mecánica y ductilidad, si bien el trabajo mecánico continuado endurece el material con una disminución de la ductibilidad, lo cual hace que la deformación continuada resulte progresivamente más difícil.

Entre los principales usos del cobre y sus aleaciones, tenemos en la industria de la construcción, productos eléctricos, equipos industriales, vehículos, y usos diversos como fabricación de monedas, municiones y hasta adornos en joyería.

La evolución económica del cobre es más lenta, que otros metales considerados preciosos, debido fundamentalmente a tres razones tradicionales:

- La riqueza de los yacimientos.
- Mínimas inversiones para aumentar la producción.
- Demanda de utilización.

El cobre como metal estratégico, juega un rol importante en el plano de una expansión económica, está ligado mayormente a la energía (conductores eléctricos).

Los principales países productores de minerales de cobre son en orden: Chile, Estados Unidos, Canadá, Rusia, Perú y México.

En los países industrializados, los principales usos del cobre son:

- 40% en la industrial de la construcción.
- 23% en productos eléctricos.
- 14% en equipo industrial.
- 13% en vehículos.
- 10% en joyería, municiones, monedas, etc.

Las nuevas tecnologías aplicadas al campo de las comunicaciones e informática están desplazando al cobre, como la fibra óptica por su mayor capacidad de cobertura, mejor maniobrabilidad, e inmunidad a las interferencias electromagnéticas y de origen furtivo.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 El cobre y sus aleaciones

El cobre y sus aleaciones son muy útiles en la tecnología actual para la fabricación de instrumentos, equipos e instalaciones en toda clase de industria.

Las propiedades del cobre que inducen a su empleo en estas últimas son:

1. Excelente resistencia a la corrosión para una amplia variedad de agentes.
2. Gran ductilidad, lo que le permite dar forma deseada en caliente y en frío.
3. Buena resistencia a la tracción, que la mantienen a moderadas temperaturas.
4. Facilidad de soldadura y revestimiento, según métodos sencillos de fabricación.
5. Alta conductividad eléctrica y térmica.

Desde el punto de vista metalúrgico el cobre como metal puro, tiene una estructura cúbica de cara centrada FCC, con parámetro de red $a = 3.607 \text{ \AA}$, con un punto de fusión de $1084,5 \text{ }^\circ\text{C}$, y un peso específico de $8,93 \text{ g./cc}$. Las propiedades mecánicas del cobre laminado y recocido, varían según:

- Resistencia a la tracción = $23 - 25 \text{ Kg/mm}^2$
- Elongación = $40 - 50 \%$
- Dureza Brinell = $30 - 40 \text{ HB}$
- Conductividad eléctrica = $60 \times 10^4 (\Omega\text{cm})^{-1}$
- Conductividad térmica = $0,91 \text{ cal/cm.s. }^\circ\text{C}$

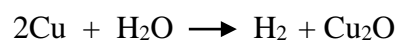
Cuando se forma el óxido cuproso, éste se disuelve en cierto grado en el metal a la vez que puede formarse una capa sobre la superficie del mismo fundido, la cual, desgraciadamente, no es continua ni coherente y deja pasar los gases, no es pues, protectora del metal subyacente.

El método de eliminación de los gases incorporados al cobre por regularización del oxígeno contenido en el metal y la subsiguiente desoxidación del cobre antes, verterlo constituye uno de los métodos más importantes empleados, industrialmente, para poder obtener cobre o aleaciones de base cobre, libre de gases, es evidente que se puedan producir distintos grados o clases de cobre al variar las condiciones del horno.

El cobre libre de oxígeno, de gran conductividad es el producto de los hornos especiales, en los que la atmósfera reductora y, a la vez, exenta de hidrógeno, habiéndose eliminado todo el oxígeno.

El cobre de gran conductividad no están tan completamente exento de oxígeno como el anterior, aunque el contenido de éste es infinitamente pequeño; se obtiene fundiendo cobre electrolítico en un horno, en el que se a conseguido atmósfera reductora, por el control muy riguroso de la combustión.

El cobre tough-pitch es la clase de metal que se caracteriza por un adecuado equilibrio entre los contenidos de hidrógeno producido por la reacción:



Esta forma de cobre posee la propiedad de adquirir una superficie superior lisa cuando solidifica en un molde horizontal. El cobre electrolítico tough-pitch contiene, aproximadamente 0.03% de oxígeno.

Finalmente, se obtiene el metal conocido, como cobre desoxidado (OFHC), por tratamiento en estado fundido con agentes oxidantes, tales como el fósforo (PD) y el moldeado en vacío.

1.2 Influencias y elementos de aleación en el cobre

Las cantidades residuales de impurezas, ejercen una influencia en general perniciosa en las propiedades del cobre, así tenemos que el Bi, F, Se y Te, actúan más desfavorablemente en la deformación en caliente y en frío, porque son menos solubles y forman sales aisladas que tienen bajo punto de fusión. En cambio otros elementos de aleación, se añaden con la finalidad de mejorar las propiedades, como Sn, Zn, Ni, Ag, entre los principales.

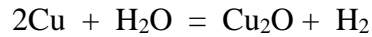
A continuación se explica la influencia de las principales impurezas en el Cu.

a. Oxígeno:

Debido a la solubilidad todo el oxígeno, se encuentra en forma de óxido cuproso Cu_2O , que es de color rojizo, y se reconoce fácilmente en las probetas sin atacar, forma un eutéctico con el cobre con 3,5% Cu_2O a 1065 °C.

Una cantidad superior a 0,05% de oxígeno, no sólo disminuye la conductividad eléctrica, sino dificulta las operaciones de trefilado, baja la ductibilidad haciéndolo frágil, por eso el cobre electrolítico no debe tener más de 0,03% de oxígeno.

Las impurezas de oxígeno y azufre forman con el cobre combinaciones químicas quebradizas Cu_2O y Cu_2S que se distribuyen en los límites de grano, estas prácticamente no influyen en la electroconductividad, pero al formarse dicho óxido cuproso, se disuelve en pequeñas cantidades, pudiendo formar una capa sobre la superficie fundida, que no es continua ni coherente, por tanto deja pasar dichos gases, desprotegiendo al metal formado, por ello requiere una etapa de desoxidación del cobre, pudiéndose obtener diversos grados según el contenido de oxígeno, variando las condiciones del horno, por ejm: tenemos el cobre de gran conductividad casi exento de oxígeno; el cobre electrolítico "tough-pith" contiene aproximadamente 0,03% de oxígeno, y se caracteriza por el adecuado equilibrio entre los contenidos de hidrógeno y oxígeno producido por la reacción:

**b. Bismuto:**

Es muy perjudicial para el cobre, pues a concentraciones mayores a 0,001% lo hace frágil sobretodo a elevadas temperaturas, debido a que son casi insolubles en estado sólido, y forma un eutéctico con un 0,2% Cu a una temperatura, similar a la de fusión del bismuto. Es la solidificación la masa líquida de Cu con Bi se separa, primero el cobre y sus granos cristalinos aparecen envueltos por una frágil película de eutéctico líquida por encima de los 168 °C, produciéndose roturas con facilidad. El bismuto además disminuye la conductividad eléctrica del cobre.

c. Plomo:

El plomo es casi insoluble con el cobre en estado sólido, y parcialmente en estado líquido. El plomo se licua en el Cu, por su bajo punto de fusión a temperaturas superiores a 327 °C, así el plomo se observa en forma de glóbulos rodeando los granos cristalinos. De forma similar al bismuto, el plomo fragiliza al cobre, y a cantidades mayores de 0,005% dificulta la laminación en caliente.

d. Silicio:

Afecta la conductividad eléctrica porque se disuelve en exceso al estado sólido, algunas veces se emplea como desoxidante. El cobre puede retener hasta 4% de silicio en solución sólida a temperatura ambiente.

e. Fósforo:

Actúa como agente desoxidante, pero debido a su solubilidad sólida, la pequeña porción que resta en el cobre influye negativamente a la conductividad. Normalmente hasta 0,95 %P aumenta la resistencia a la tracción y el límite de fatiga del cobre sin disminuir la ductibilidad, ni la tenacidad. A grandes concentraciones de fósforo fragiliza al cobre por formar una combinación de Cu_3P soluble en aquel en 1,25 %P a 705 °C y un eutéctico con 8,2 %P que funde a 707 °C.

En la industria se utiliza cobre fósforoso que contiene de 10% a 15% de fósforo, compuesto por Cu_3P y el eutéctico.

1.3 Aleaciones de Cobre-Zinc

El diagrama de equilibrio Cu-Zn, Figura 1, presenta el amplio rango de solubilidad del Zn en el Cu, donde hasta 32.5 %Zn solidifica como una simple fase “alfa” (solución sólida α).

Es de esperarse que todas las aleaciones de este grupo, que tienen un máximo de 15 %Zn, presenten una sola fase α .

El Zn aumenta la resistencia y dureza al Cu, por un mecanismo de endurecimiento por solución sólida.

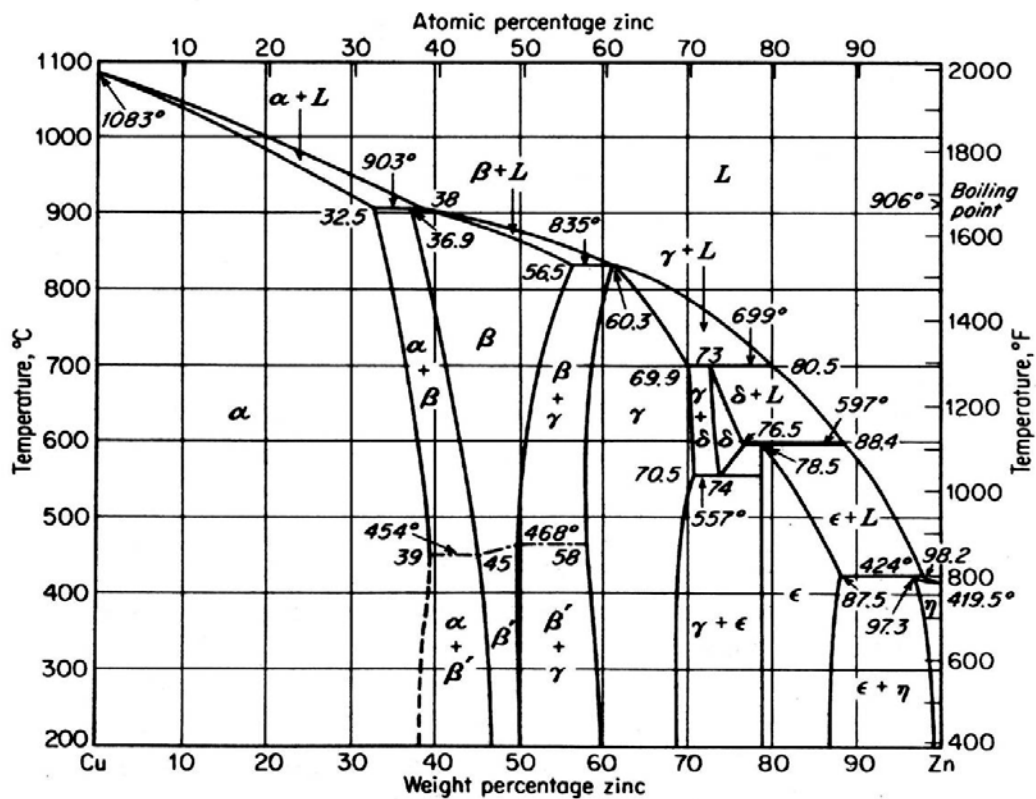


FIG. N° 1 DIAGRAMA DE EQUILIBRIO Cu-Zn

Se nota que en cantidades de hasta 15 %Zn, produce sólo una ligera disminución de la temperatura del “liquidus” y las aleaciones binarias tienen un “estrecho rango de solidificación”.

Según el diagrama Cu-Zn, tenemos las fases:

- Solución sólida α (latón α):
 - Blanda y dúctil.
 - Estructura FCC.
- Fase β' :
 - Dura y frágil.
 - Fase ordenada
- Fase β :
 - Estable a altas temperaturas.
 - Plástica y desordenada.
 - Estructura BCC.
- Fases γ y δ : Completamente frágiles.

Las aleaciones Cu-Zn, presentan fases en los siguientes rangos de %Zn:

- | | |
|-----------------------------|--------------------|
| - Latones α | Hasta 39 %Zn |
| - Latones $\alpha + \beta'$ | de 37.5 a 45.0 %Zn |
| - Latones β | de 46.0 a 50.0 %Zn |
| - Fase γ | > 50 %Zn |

El Zn tiene alta presión de vapor en las aleaciones fundidas y fácilmente se pierde por evaporación y oxidación. Esto explica la necesidad de reemplazar esta pérdida de Zn en la fusión y explica la presencia de óxido de Zn en la atmósfera de la fundición.

Propiedades Mecánicas

- La fase α aumenta la ductilidad, a medida que aumenta el %Cu, hasta la aparición de la fase β' .

- La resistencia a la tracción aumenta con el %Cu, hasta que disminuye por la aparición de la fase γ .
- La fase α tiene la mayor resistencia al choque, pero disminuye por la aparición de la fase β' y se torna más frágil por la presencia de la fase γ .
- La dureza aumenta con la fase β' y aún más con la fase γ .
- Los latones $\alpha + \beta'$ sólo se laminan en caliente.
- La fase γ no se puede mecanizar.
- El Pb es insoluble en el latón α , por lo que no se lamina, mientras que el Pb se disuelve en el latón β , pudiendo trabajarse en caliente

Influencia de los aleantes sobre el latón α :

- Aluminio.- Aumenta resistencia mecánica, mejora fluidez pero produce inclusiones de óxidos y películas de alúmina, que producen porosidades.
- Hierro.- En pequeñas cantidades es un refinador de grano, también aumenta dureza y tracción.
- Plomo.- Aumenta la maquinabilidad y se presenta en la estructura como glóbulos, hay que evitar su segregación.
- Manganeso.- Desoxidante y tiene efecto similar al Fe.
- Níquel.- Mejora propiedades mecánicas, aumenta la resistencia a la corrosión y también refina el grano.
- Fósforo.- Se combina con el Fe y aumenta dureza, reduce el crecimiento del grano y mejora fluidez.
- Silicio.- Mejora la resistencia a la corrosión, especialmente al ataque intergranular.
- Estaño.- Eleva la tracción y dureza, baja la ductilidad, mejora fluidez y aumenta la resistencia a la corrosión.

1.4 Aleaciones cobre - níquel - zinc (platas niqueladas, plata alemana o latón al níquel)

Las platas niqueladas son esencialmente aleaciones ternarias de cobre-níquel-zinc y no contienen plata. El contenido de zinc de las platas niqueladas están en el rango de 17 a 27% Zn, mientras que su contenido de níquel varía desde 8 a 18%. Cuando el contenido de níquel es incrementado, el color de las platas niqueladas varía hasta el blanco plateado.

C74500-Plata niquelada (65.0Cu-25.0Zn-10.0Ni): Tiene excelente trabajabilidad en frío. Fabricado por embutido, conformado y doblado, hilado por laminación, corte. Usos en Remaches, tornillos, partes ópticas, cierre de cremalleras, placas para grabación, barras plateadas.

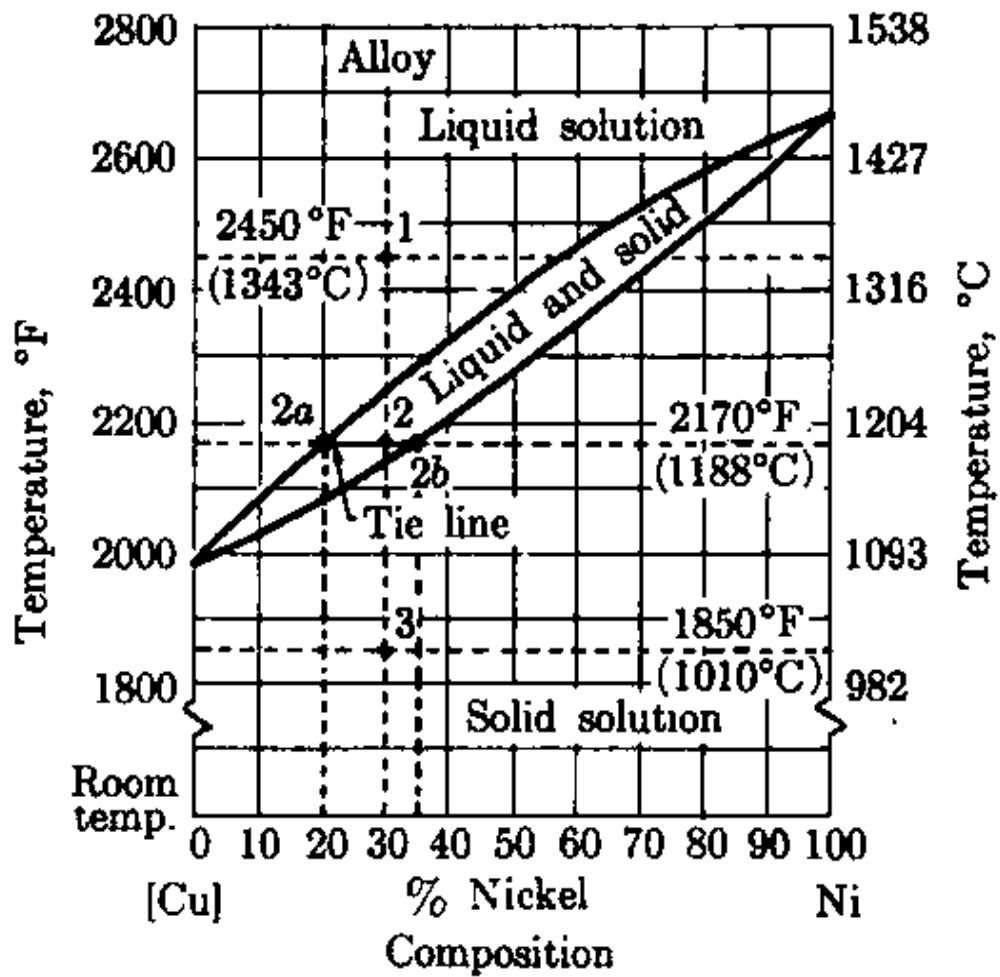


FIG. N° 2 DIAGRAMA DE EQUILIBRIO Cu-Ni

CAPITULO II

PRODUCTOS Y ESPECIFICACIONES

2.1 Línea de flejes de latón

En la tabla N° 1 se indica el tipo de aleaciones que se fabrica

TABLA N° I TIPOS DE LATONES QUE SE FABRICA EN CIRINVESAC

Aleación	Nombre Comercial	Composición química	
C-21000	Latón Rojo 95/5%	Cobre : 95,0 %	Zinc : 5,0 %
C-22000	Latón Rojo 90/10% (Tombago)	Cobre : 90,0 %	Zinc : 10,0 %
C-23000	Latón Rojo 85/15%	Cobre : 85,0 %	Zinc : 15,0 %
C-24000	Latón Rojo 80/20%	Cobre : 80,0 %	Zinc : 20,0%
C-26000	Latón 70/30% (Cartuchería)	Cobre : 70,0 %	Zinc : 30,0 %
C-26800	Latón Amarillo 66/34%	Cobre : 66,0 %	Zinc : 34,0 %
C-27000	Latón Amarillo 65/35%	Cobre : 65,0 %	Zinc : 35,0 %
C-27200	Latón Amarillo 63/37%	Cobre : 63,0 %	Zinc : 37,0 %

Usos y aplicaciones del latón:

Entre las principales aplicaciones de latón tenemos:

- ◆ **Acuñaación:** En medallas, monedas y cospeles.
- ◆ **Arquitectura:** En ángulos, biseles, molduras, ornamentos, pantallas.
- ◆ **Industria automotriz:** En empaquetaduras, radiadores, panales de radiadores, tanques y calefactores.
- ◆ **Industria eléctrica:** En casquillos de bombillas, contactores, interruptores, linternas, reflectores, tapas de baterías, terminales, tomacorrientes, etc.
- ◆ **Industria ferretera:** En válvulas sanitarias, trampas, mangueras flexibles, tuberías.

- ◆ **Municiones:** En casco de espoleta, casquillos de bala, componentes de municiones.
- ◆ **Bisutería:** En adornos, emblemas, joyería de fantasía, joyas y placas.
- ◆ **Cosmetología:** En estuche de polvos compactos y de pintura de labios.
- ◆ **Industria en general:** Se emplea en líneas de bombeo, tubería de plomería, tubos de condensadores e intercambiadores de calor, etc.
- ◆ **Artículos diversos:** Se usa en abrazaderas, artículos náuticos, estribos, fuelles, instrumentos musicales, montura de anteojos, sujetadores de papel, manija de puertas, botones, etc.

2.2 Línea de flejes de alpaca

Los flejes o láminas de alpaca se fabrican a pedido y solicitud de acuerdo a las especificaciones de la tabla N°2

TABLA N° 2 TIPOS DE ALPACA QUE SE FABRICA EN CIRINVESAC

Aleación	Nombre Comercial	Composición química		
C-74500	Alpaca 65-10	Cobre: 65,0%	Zinc: 25,0%	Níquel: 10,0%
C-75200	Alpaca 65-18	Cobre: 65,0%	Zinc: 17,0%	Níquel: 18,0%
C-75400	Alpaca 65-15	Cobre: 65,0%	Zinc: 20,0%	Níquel: 15,0%
C-75700	Alpaca 65-12	Cobre: 65,0%	Zinc: 23,0%	Níquel: 12,0%

Usos y aplicaciones de la alpaca:

Entre las principales aplicaciones de alpaca tenemos:

- ◆ En la acuñación de medallas y monedas.
- ◆ En la bisutería adornos, emblemas, joyería de fantasía, joyas y placas.
- ◆ En artículos diversos se utiliza en azafates, bases para plaqué, material para estampado, fuentes, diales de radio, placas, sujetadores de papel y botones.

Tolerancias

A menos que se especifique lo contrario, CIRINVE SAC proveerá los flejes y láminas con las siguientes tolerancias:

TABLA N° 3 ESPESORES

Espesor en mm.	Hasta 200 mm. de ancho	Mayor a 200 mm. de ancho
Menor que 0,10	+/-0,007	+/- 0.015
Sobre 0,10 a 0,20 inclusive	+/-0,010	+/-0,020
Sobre 0,20 a 0,30 inclusive	+/-0,015	+/-0,025
Sobre 0,30 a 0,40 inclusive	+/-0,020	+/-0,030
Sobre 0,40 a 0,50 inclusive	+/-0,025	+/-0,035
Sobre 0,50 a 0,60 inclusive	+/-0,030	+/-0,040
Sobre 0,60 a 0,70 inclusive	+/-0,035	+/-0,050
Sobre 0,70 a 1,00 inclusive	+/-0,045	+/-0,050
Sobre 1,00 a 1,30 inclusive	+/-0,050	+/-0,060
Sobre 1,30 a 2,00 inclusive	+/-0,060	+/-0,070
Sobre 2,00 a 3,50 inclusive	+/-0,070	+/-0,080
Sobre 3,50 a 5,00 inclusive	+/-0,080	+/-0,100

TABLA N° 4 ANCHOS

Espesores	Desde 0,10mm Hasta 0,80 mm inclusive	Desde 0,805mm Hasta 3,20 mm inclusive	Desde 3,205mm Hasta 5,00mm inclusive
Anchos Hasta 51,0mm inclusive	+/- 0,13	+/-0,25	+/- 0,30
Sobre 51,0 hasta 200,0mm inclusive	+/- 0,20	+/-0,33	+/-0,38
Sobre 200,0 hasta 300,0mm Inclusive	+/- 0,40	+/-0,40	+/-0,40

TABLA N° 5 CURVATURA (FLECHA)

Ancho (W)	Tolerancia Máxima (C)
Desde 6,0 hasta 9,0 mm Inclusive	12,0mm
Desde 9,0 hasta 13,0 mm Inclusive	10,0mm
Desde 13,0 hasta 25,0 mm Inclusive	7,0mm
Desde 25,0 hasta 50,0 mm Inclusive	5,0mm
Desde 50,0 hasta 100,0 mm Inclusive	4,0mm
Desde 100,0 hasta 700,0 mm Inclusive	3,0mm

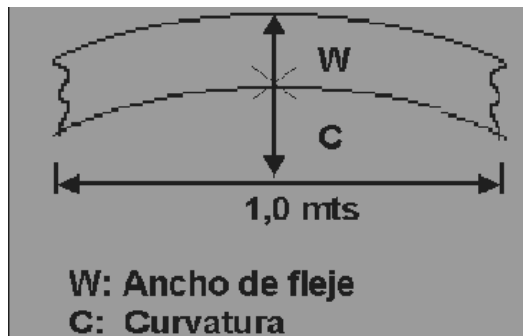


FIG. N° 3 MUESTRA EL ANCHO DE FLEJE Y CURVATURA

CAPITULO III

PROCESO DE MANUFACTURA

Fabricación latón 70/30 - Espesor 1.26 mm

El proceso sigue la siguiente secuencia:

Preparación y/o selección de materia prima

Colada continua horizontal

Placa (17.5x 330 x 6200mm)

Fresado (16.0mm)

Laminado Dominion I (16.0 a 6.0mm)

Laminado Dominion II (6.0 a 2.40 mm) rollos simples con cola

Laminado Gutmann (1.90mm)

Soldadura TIG (rollos dobles de 1.9mm)

Laminado Gutmann (1.90 a 1.48 semiacabado)

Recocido sin retorta (520°C x 4 1/2 hr)

Decapado ($H_2SO_4 + K_2Cr_2O_7$) al 15%

Laminado Gutmann (1.48mm a 1.26 acabado)

Corte: 1x 197 mm en rollos dobles

Empaque: enzunchados, etiquetados y verificados por control de calidad.

Fabricación alpaca 65-25-10 - Espesor 1.65 mm

El proceso sigue la siguiente secuencia:

Preparación y/o selección de materia prima

Colada continua horizontal

Placa (16x220x6800mm)

Fresado (15.0 mm)

Laminado Dominion I (15.0 A 6.0mm)

Laminado Dominion II (6.0 a 2.2mm) rollos simples con cola

Laminado Gutmann (1.90mm)

Soldadura TIG (rollos dobles de 1.78mm)

Laminado Gutmann (1.90 a 1.78 mm semiacabado)

Recocido sin retorta (620 °C x 6 1/2 hrs)

Decapado I (11% H₂SO₄) frotando con solución de ácido sulfúrico

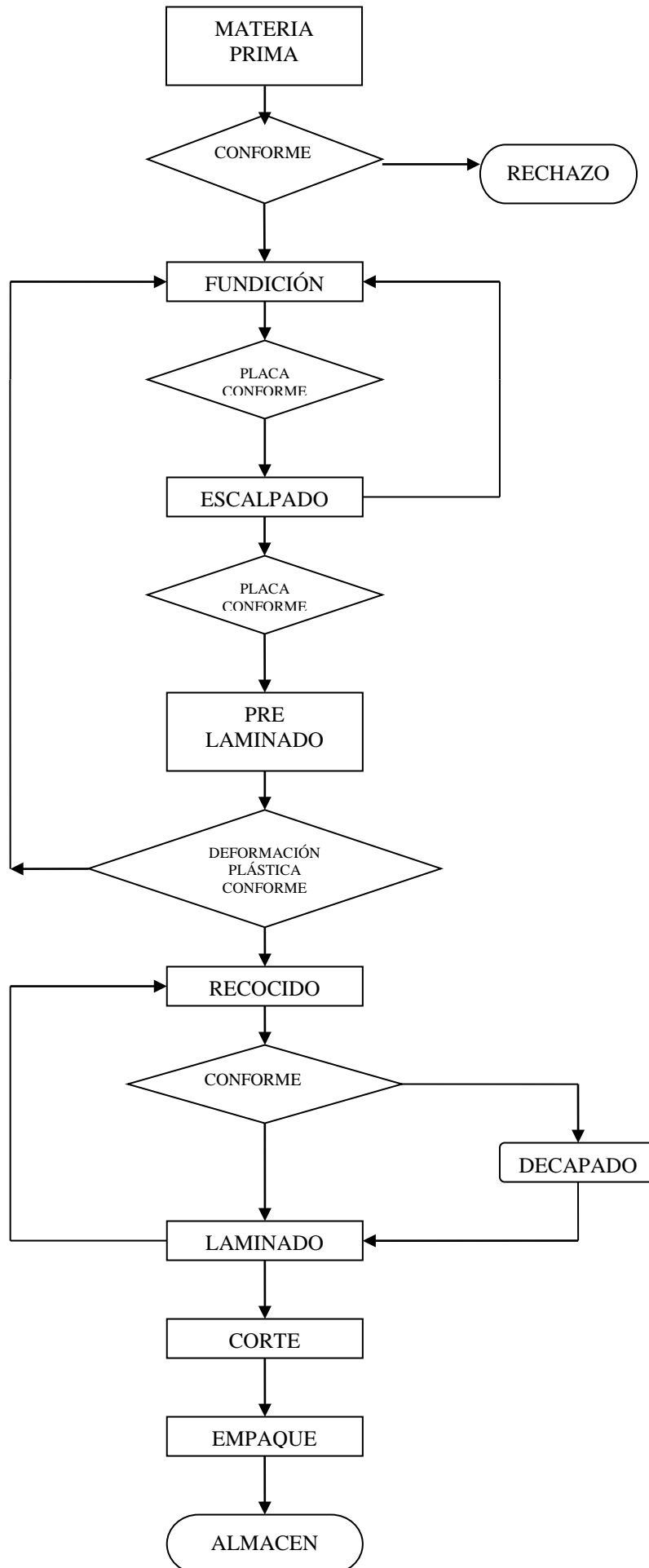
Decapado II (12% H₂SO₄), frotando con solución de ácido sulfúrico, si los rollos pasan limpios y sin ácido se procede a la laminadora gutman para su acabado final

Laminado Gutmann (1.65 mm acabado final)

Corte :1x 197mm

Empaque: enzunchados, etiquetados y verificado por control de calidad.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO



3.1 Fusión

3.1.1 Hornos de fusión (Fig. N° 4)

Son dos hornos de fusión de Inducción de baja frecuencia y el calentamiento se realiza por inducción electromagnética. El transformador posee un solo núcleo con 2 bobinas mellizas el cual vendrá a ser el primario, abrazadas cada una de ellas a un canal, que viene a ser el secundario que se encuentra en corto circuito respecto al primario.

La potencia para fundir es inducida en el secundario, fundido con una alta eficiencia, alrededor del 100%. Las corrientes secundarias creadas por presiones electromagnéticas causan que el metal contenido en el canal sea agitado vigorosamente, esta agitación se extiende y continua a través del metal fundido llegando hasta el vientre o cámara, distribuyéndose así rápidamente la energía del canal. El resultado es una excelente temperatura uniforme a través del metal en el horno y una alta capacidad de aleación.

El transformador va ensamblado a un block refractario y ésta a su vez va contenido en una carcasa rectangular de acero, formando todo el conjunto el inductor del horno. Las bobinas del transformador van cada uno en cavidades llamadas ventanas del inductor, aquí las temperaturas son altas y por ese motivo se le refrigera con aire soplado por dos ventiladores centrífugos (una para cada bobina).

Estos hornos trabajan en baja y alta potencia (320V, 360V, 400V, 440V, 460V); tienen una capacidad de 1200 kg y trabajan con una potencia de 90 Kw. En su mayor parte, este horno trabaja en 440V y 460V.

Los hornos disponen de un sistema hidráulico que acciona dos pistones, los cuales constituyen el mecanismo para bascular el metal fundido al homo de mantenimiento.

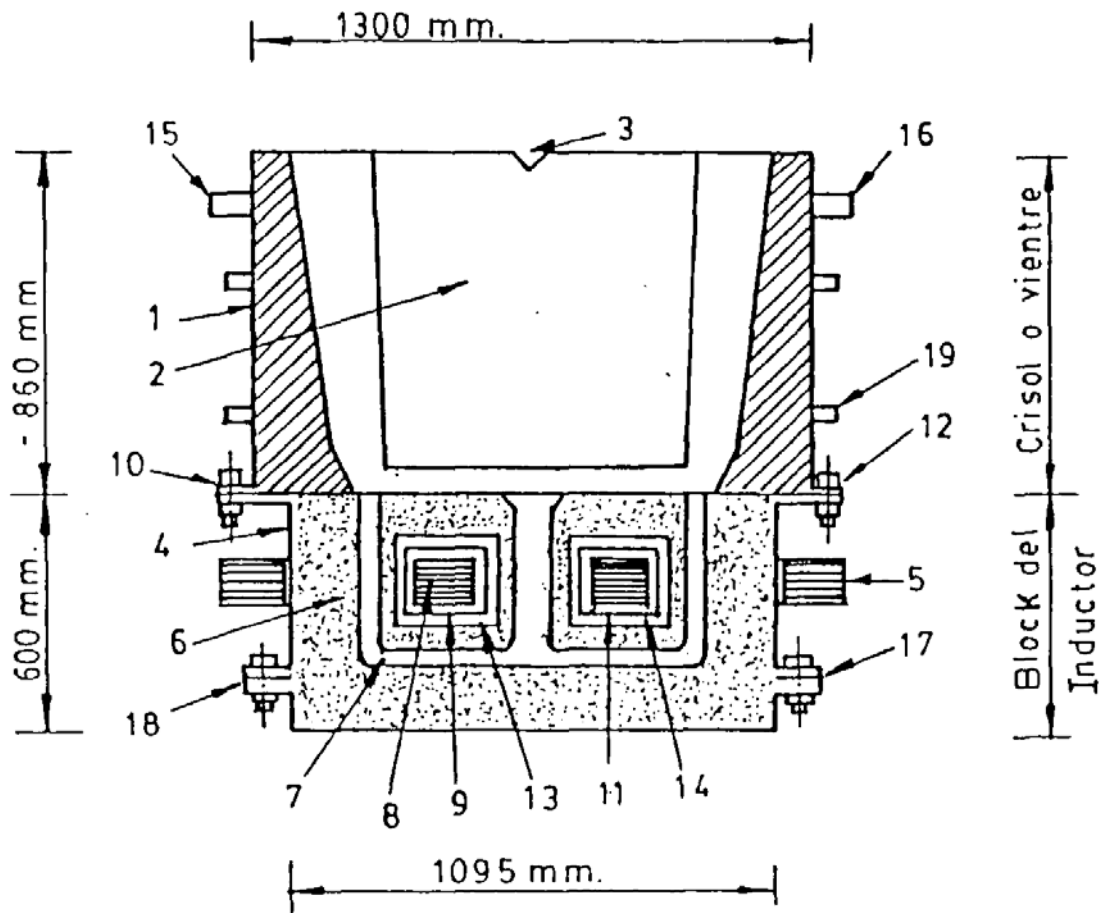


FIG. N° 4 CORTE VERTICAL DEL HORNO DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO

- (1) Carcaza de acero dulce.
- (2) Crisol con refractario.
- (3) Pico para colada.
- (4) Carcaza del inductor.
- (5); (8) Núcleo del inductor.
- (6) Refractario del inductor.
- (7) Canal del inductor.
- (9); (11) Bobina de alambre de cobre Wire-bar.
- (10); (12) Pernos perimétricos de acople crisol-inductor.
- (13); (14) entanas de inductor.
- (15); (16) Muñones para pivoteo del horno.
- (17); (18) Pernos perimétricos para desmantelamiento del inductor.
- (19) Molduras para rigidez de la carcaza.

3.1.2 Horno de mantenimiento (FIG. N° 5)

Es un horno de Inducción de baja frecuencia y su función es la de estabilizar la temperatura en rangos muy estrechos durante un tiempo determinado, corrientemente este tiempo está en relación directa con el tiempo que los hornos de fusión demoran en volcar una carga sobre el horno mantenedor. El principio de funcionamiento de este horno es el mismo que el de los hornos de fusión, también se compone de un solo núcleo y con dos bobinas colocadas en las ventanas del inductor.

Trabajan en baja y alta potencia (320V, 360V, 400V, 440V, 460V); su capacidad es de 1300 kg. En su mayor parte, este horno trabaja con 360V y 400V.

La diferencia básica entre los hornos de fusión y de mantenimiento radica en que los primeros se emplean para fundir material y el segundo se utiliza para mantener la temperatura del metal líquido y de esta manera se efectúa el proceso de colada continua a través de una matriz, el cual se encuentra en la parte opuesta a la piquera del horno.

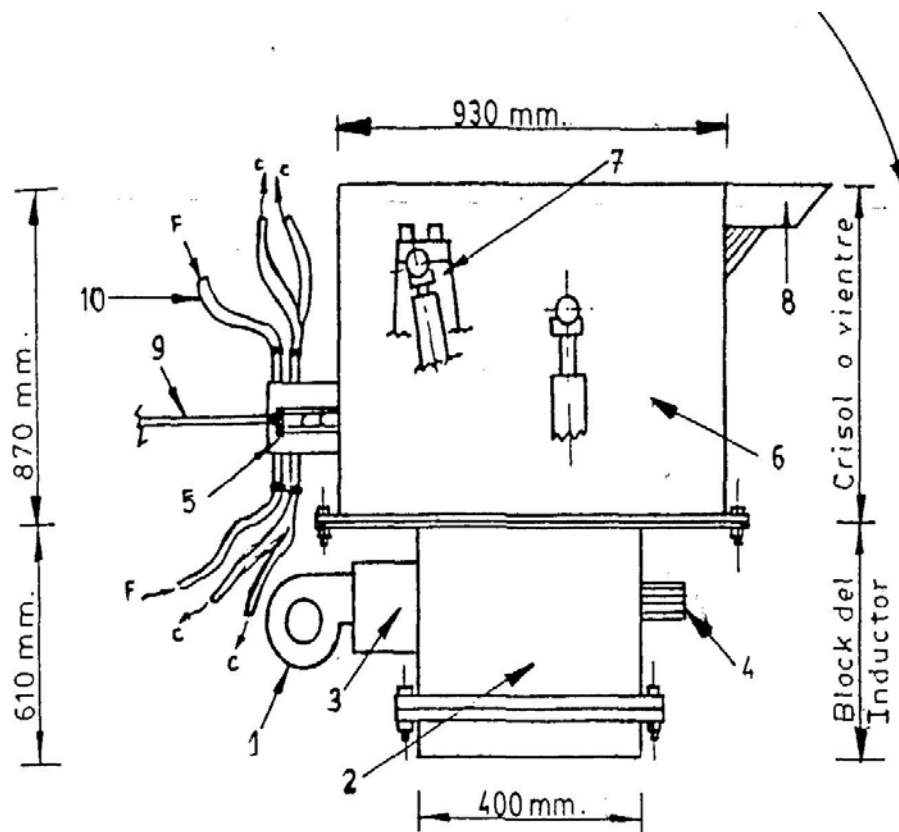


FIG. N° 5 ESQUEMA DEL HORNO DE MANTENIMIENTO

(Vista lateral)

- (1) Ventilador centrifugo con motor axial.
- (2) Block inductor. F = Agua fría
- (3) Caja de viento. C = Agua caliente
- (4) Núcleo.
- (5) Caja de cristalizador y matrices (Enfriamiento primario).
- (6) Crisol (Vientre del horno).
- (7) Muestra parcial de soporte y pistón hidráulico de volteo.
- (8) Canaleta para carga y descarga.
- (9) Muestra parcial del fleje emergiendo de la matriz,
- (10) Conductos para entrada (F) y salida (C) de agua refrigerante.

3.1.3 Especificaciones químicas

En la tabla N° 6, se muestra los rangos de cada elemento para los diferentes tipos de aleación producidas.

TABLA N° 6 COMPOSICION QUIMICA

Composición Química	Aleación	
	Latón (70/30)	Alpaca (65-25-10)
%Cu	68,5-71,5	63,5-66,5
%Zn	Remanente	Remanente
%Fe	< 0,030	<0,25
%Ni	-	9,0-11,0
%Pb	< 0,010	<0,10
%P	-	-
%Sn	< 0,008	-
%Mn	-	<0,50

Materia prima

Para la producción de latón 70/30 se utiliza la siguiente materia prima:

- Chatarra de latón 70/30
- Chatarra de cobre
- Retacería de latón 70/30
- Retacería de latón 90/10
- Bloques de latón 70/30
- Bloques de latón 90/10
- Viruta de latón 70/30 y 90/10
- Escoria de latón
- Zinc

Para la producción alpaca 65-25-10 la materia prima empleada es la siguiente:

- Chatarra de alpaca 65-25-10
- Chatarra de cobre
- Retacería de cobre
- Bloques de Niquel
- Bloques de Latón 90/10

- Viruta de Latón 70/30
- Zinc

Balance de carga para producir latón 70/30 y alpaca 65-25-10

TABLA N° 7 BALANCE DE CARGA LATÓN 70/30

MATERIA PRIMA	Kg.
Alambre de Cu	350
Bloques de Zinc	150
Retorno 70/30	400
Total	900

TABLA N° 8 BALANCE DE CARGA ALPACA 65-25-10

MATERIA PRIMA	Kg.
Alambre de Cu	390
Bloques de Zinc	150
Retorno 65-25-10	300
Bloques de Ni	60
Total	900

3.1.4 Fusión de materiales

En los hornos de fusión se carga la materia prima según la aleación que se quiera obtener. Se cubre el metal líquido con carbón encendido para evitar la oxidación del cobre. La carga del horno de fusión se debe realizar cada vez que el metal esté líquido. Cargar cuando el metal del horno esté medio pastoso porque produciría un enfriamiento total del metal. La temperatura de los hornos de fusión para el latón 1070 °C y para la alpaca es 1180 °C.

En el panel de control del horno de fusión se trabaja con el selector de 460V.

Se sacan muestras de los hornos para hacer el análisis químico y reajustar según especificación. Pintar las herramientas con pintura refractaria y secarlas para ser utilizadas para la carga de la materia prima, para sacar la muestra y para desescoriar. Pintar las canaletas con pintura refractaria para evitar que se pegue el metal fundido en el refractario y se desmorone.

Cada vez que se observe una acumulación de material es necesario desescoriarlo porque dificulta para sacar la muestra, se enfría el horno y en las herramientas se pegan.

Se precalientan las briquetas de logas-50 y los cartuchos de cobre fosforoso.

La herramienta que se emplea para desgasificar y desoxidar debe estar bien pintada. Se obtiene una muestra para la prueba de rechupe. Si la probeta no muestra un rechupe apropiado se desoxida nuevamente y volver a sacar otra muestra para evaluar su rechupe. Este procedimiento se realiza hasta que se obtenga un buen rechupe.

3.1.5 Insumos

Los insumos utilizados en los hornos de fusión son el carbón con la finalidad de cubrir el baño metálico. Logas 50 se utiliza para desgasificar el metal. Cobre fosforoso se utiliza para desoxidar el metal. El cobre fosforoso aparte de desoxidante, en la aleación está como aleante, por lo que es necesario agregar según el rango especificado. Bórax: es un fundente y limpiador del metal, separa la escoria.

3.1.6 Tratamiento metalúrgico

El tratamiento metalúrgico de los hornos de fusión N° 1, N°2 y N° 3 se realiza desgasificando con 2 briquetas de logas 50 en cada horno, desoxidando con cobre fosforoso según resultado de laboratorio. Se saca la muestra de rechupe, éste debe presentar una concavidad hacia abajo, no debe presentar ampollas ni porosidades.

En la producción se realiza el tratamiento metalúrgico en los hornos de fusión N° 1 y N° 2 durante 8 minutos antes de hacer el trasvase, desgasificar con 1 briqueta de logas 50 y 5 minutos antes de hacer el trasvase, desoxidar con cobre fosforoso.

En el horno de mantenimiento N° 3 hacer el reajuste del cobre fosforoso según resultados del análisis químico del laboratorio.

Es importante tener el baño cubierto con una gruesa capa de carbón para evitar que se oxide el metal.

3.1.7 Transferencia de metal al horno de mantenimiento

El baño líquido debe estar libre de escoria y la canaleta debe estar limpia, pintada, bien ubicada y con tapa. La temperatura del metal de los hornos de fusión debe ser para el latón 70/30 de 1070 °C y la de alpaca de 1180 °C.

El rango de temperaturas de operación se modifica de acuerdo a las características de operación del horno de mantenimiento N° 3, de tal forma que se encuentre siempre 30°C por encima de los hornos de fusión N° 1 y 2, dado que se produce un enfriamiento cuando el metal recorre la canaleta del horno de fusión N° 1 ó N° 2 hacia el horno de mantenimiento N° 3. Efectuar la transferencia del metal con la mínima turbulencia posible. Barretear las paredes de la parte superior de la cámara de los hornos al inicio de cada turno.

3.1.8 Control en el horno de mantenimiento (Horno N° 3)

La transferencia se realiza manteniendo la temperatura de este horno para el latón 1040 °C y alpaca 1140 °C.

La temperatura de operación del horno de mantenimiento N° 3 puede ser variada dependiendo de las condiciones que presente la matriz y la calidad de la placa de acuerdo a cada aleación.

Retirar la escoria una vez por turno, sin generar turbulencia, luego agregar carbón como cubriente. Reportar el carbón, logas 50, el cobre fosforoso y la escoria.

Durante la producción de latón 70/30 el horno de mantenimiento debe encontrarse a una temperatura entre 1020 - 1035°C

3.2 Colada continua horizontal

La colada continua horizontal de placas (cobre, latón o alpaca) consiste en llenar en forma continua metal fundido por un extremo de una matriz de sección rectangular que deja enfriar a una velocidad tal que solidifique totalmente antes de alcanzar el extremo de salida. Evidentemente lo fundamental del proceso consiste en el control exacto de las temperaturas del metal líquido y de la matriz o molde, así como de la velocidad de extracción de las placas, es decir, un control perfecto de la aportación y pérdida del calor.

En la práctica esto es difícil de conseguir debido a que la solidificación ha de realizarse muy rápidamente a fin de que el producto tenga un grano fino y posea la máxima homogeneidad posible.

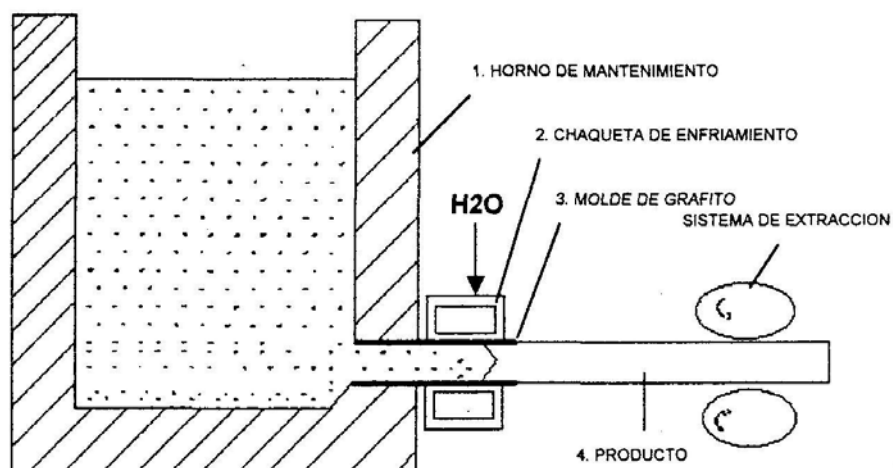


FIG. Nº 6 COLADA CONTINUA HORIZONTAL

Para conseguir esto es necesario que el metal pase de la temperatura de colada (1100-1200°C) a la de sólido (600 - 300°C) en el transcurso de unos 25 - 35 segundos mientras el metal recorre una matriz de grafito de aproximadamente 23.4 cm de longitud. Si fuera posible enfriar con una longitud mayor no habría dificultad alguna, pero el hecho de limitar los 700°C de enfriamiento a unos 20 - 25 cm en el interior de la matriz de grafito, requiere un control meticuloso a fin de evitar la solidificación prematura del latón en la matriz, la cual imposibilitaría el continuar extrayendo; o un enfriamiento insuficiente que podría resultar en la salida del metal líquido directamente por la matriz.

La contracción del latón que ocurre durante la solidificación asegura la separación de la pared de la matriz de grafito.

Esto es un hecho conveniente y afortunado de importancia fundamental en el proceso de colada continua. La matriz conserva su dimensión durante cierto tiempo dependiendo de las tolerancias exigidas.

El procedimiento más importante para obtener un sólido es la solidificación de un metal líquido, el cual se realiza en pocos segundos. Durante este pequeño intervalo de tiempo se obtiene la estructura cristalina, sobre la cual dependen muchas propiedades; también en este intervalo aparecen los principales defectos.

La colada continua en CIRINVE SAC, consiste en extraer placas a través de un extractor, usando una matriz de grafito para la solidificación el cual está acoplado al horno de mantenimiento. (Ver figura N° 7)

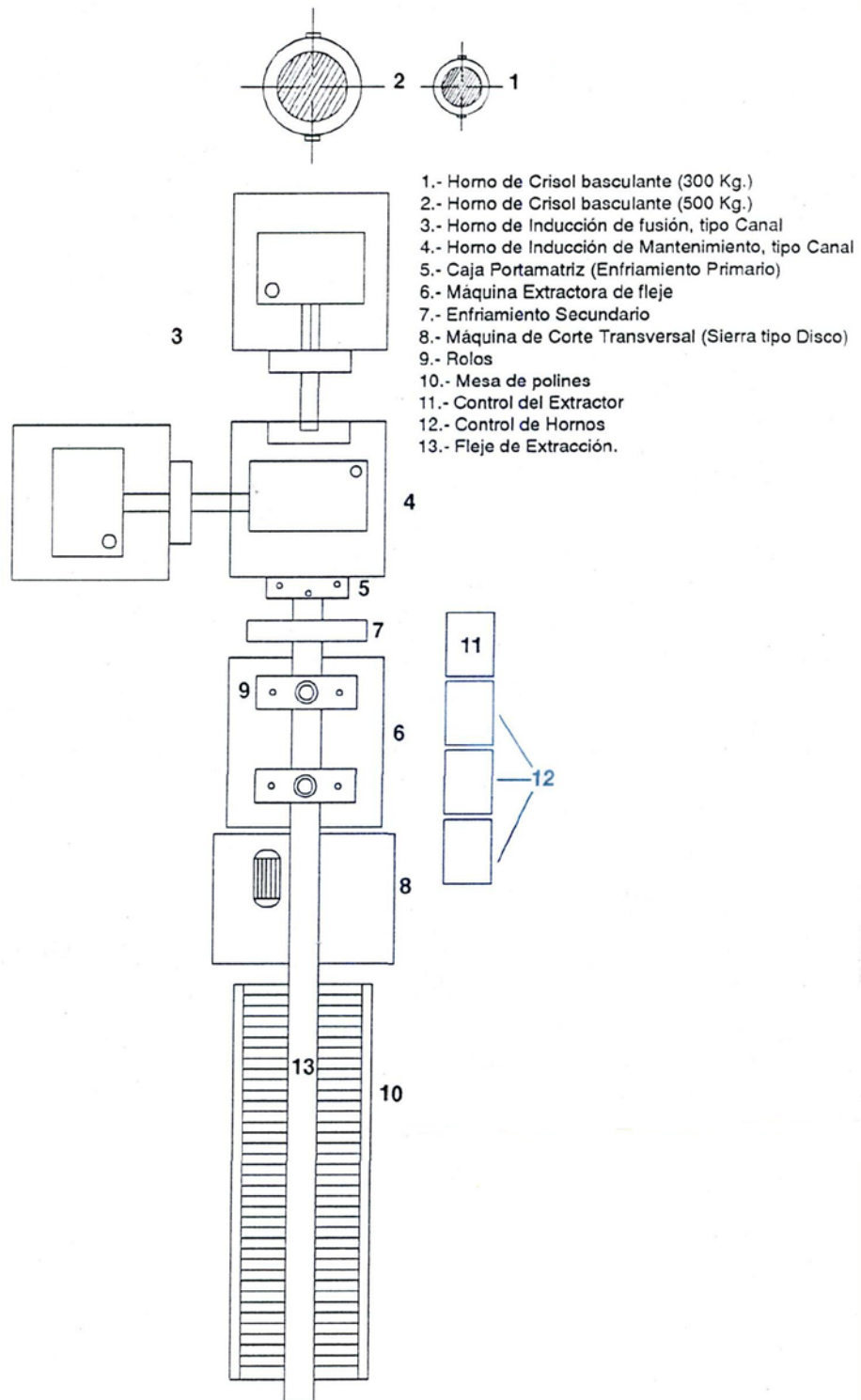


FIG. N° 7 ESQUEMA DE LA LÍNEA DE COLADA CONTINUA HORIZONTAL

3.2.1 Horno de Fusión

Los hornos que se utilizan para el proceso de colada continua comprenden, como se dijo anteriormente, 2 del tipo de fusión y 1 de mantenimiento.

El sistema de operación consiste en cargar el materia a las cámaras del horno de fusión siendo rápidamente fundidas por el flujo continuo del metal líquido alrededor de el, consta de dos hornos de fusión las que alimentan intermitentemente metal fundido a un tercer horno llamado mantenimiento, en el que se registra una aleación uniforme y a una temperatura apropiada para cada tipo de aleación

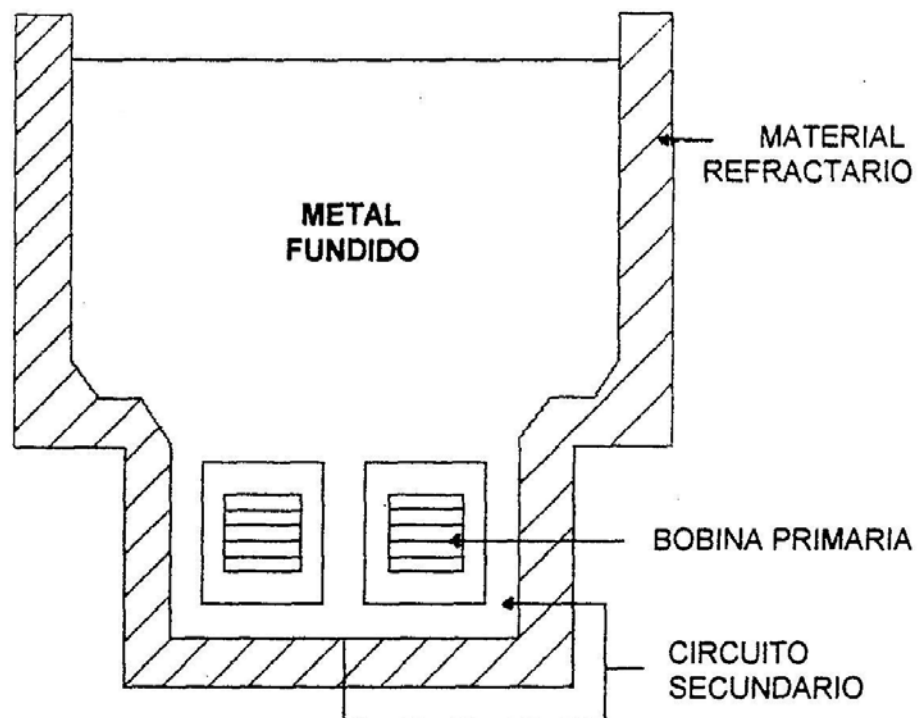


FIG. N° 8 CORTE DE UN HORNO DE INDUCCION

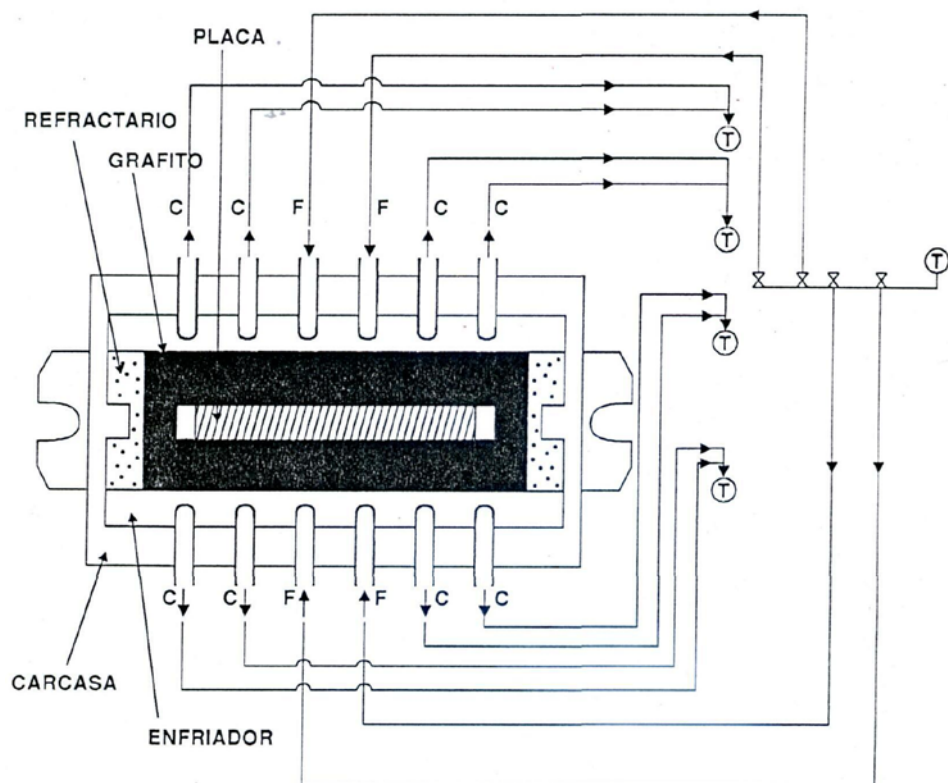
3.2.2 Enfriamiento primario del metal

La solidificación del metal líquido que sale del horno de mantenimiento se realiza en el interior de una matriz de grafito, el cual va empalmado tanto inferior como superiormente con enfriadores de cobre por cuyo interior circula el agua refrigerante.

Los enfriadores de cobre son bloques de cobre los cuales tienen canales en su interior. Cabe mencionar que los enfriadores son fabricados dentro de la misma planta, mientras que las planchas de grafito son importados desde Alemania. Estos grafitos ya vienen pulidos con un espesor de 35mm.

Para tener una buena eficiencia en la transmisión de calor entre la matriz y los enfriadores de cobre se deben asentar bien entre ambos.

Tanto la matriz de grafito como los enfriadores van ensamblados en una caja de acero, el que lleva en su interior un refractario (castable).



- F : AGUA FRIA
- C : AGUA CALIENTE
- ⊕: TERMOMETRO
- X: LLAVE

FIG. N° 9 REFRIGERACION DE LA MATRIZ

Las matrices que se fabrican dentro de la planta se componen de 2 placas de grafito y dos reglillas tal como se indica en la figura:

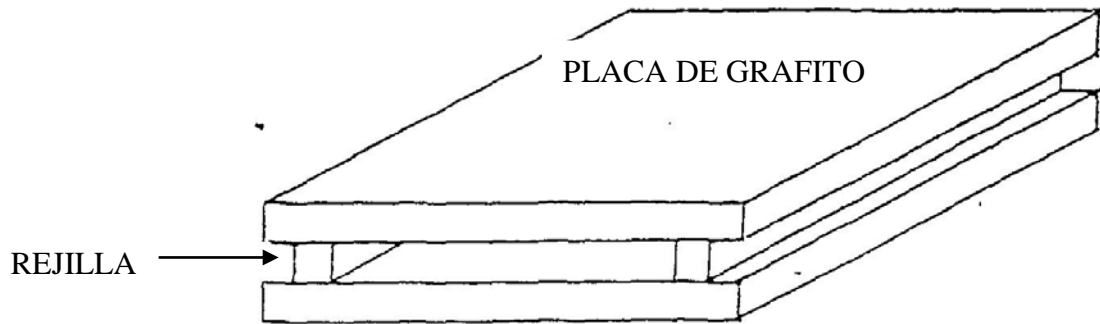


FIG N° 10 MATRIZ DE GRAFITO

Estas matrices que se muestra en el dibujo son los que se utilizan para fabricar placas de cobre y latón 70/30 con las siguientes medidas:

TABLA N° 9 DIMENSIONES DE LAS PLACAS DE FUNDICIÓN

TIPO DE PLACA	ESPESOR	ANCHO
Latón	17.5 mm	330 mm
Cobre	17.0 mm	310 mm
Alpaca	16.0 mm	220 mm

Las matrices que se utilizan tienen un rendimiento promedio de 35 Toneladas para el cobre y de 40 Toneladas para el latón. Mientras estas matrices no se hayan roto estando en operación son fácilmente rectificables y reusables. Los que son rectificadas se utilizan mayormente para el latón.

Es muy importante realizar el control de la temperatura del agua de refrigeración para las matrices en operación de lo contrario podrían ocurrir graves problemas en lo que respecta al proceso mismo de colada continua.

Cuando se extraen las placas, la temperatura de ingreso es de 30°C (promedio) y de salida de 45 - 50°C para el caso de cobre y para el latón, el de ingreso es de 26°C y salida de 40°C.

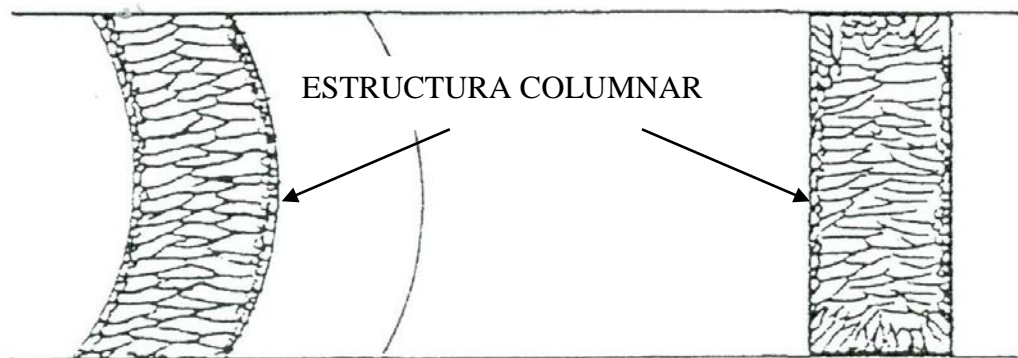


FIG N° 11 SOLIDIFICACIÓN DENTRO DE LA MATRIZ DE GRAFITO

La planta de colada continua cuenta con un intercambiador iónico que sirve para ablandar el agua que se utiliza para la refrigeración de las matrices.

3.2.3 Enfriamiento secundario del metal

Cerca de la salida de la matriz, se encuentra una ducha de agua que cae directamente sobre la placa que aumenta la velocidad de enfriamiento y trata de esta manera evitar la formación de una estructura segregada, esto es, con el fin de obtener una estructura uniforme.

El empleo de la ducha de agua es adicionalmente con el fin de que la solidificación sea racional, es decir, lograr que a medida que se solidifique la placa saliente, éste se contraiga y el líquido que queda detrás alimente los espacios inter dendríticos y de paso evitar calentar la máquina extractora.

3.2.4 Extractor

Es una máquina hidráulica que se encarga de extraer las placas que salen de la matriz. La extracción de la placa se realiza mediante 2 rodillos inferiores presionados por otras 2 superiores, todas con superficies rugosas.

El extractor dispone de un sistema hidráulico, el cual suministra la potencia necesaria para su operación. Este sistema hidráulico al recibir señales vía un conjunto de electro válvulas, desde los temporizadores programables, pondrá en movimiento a la máquina extractora.

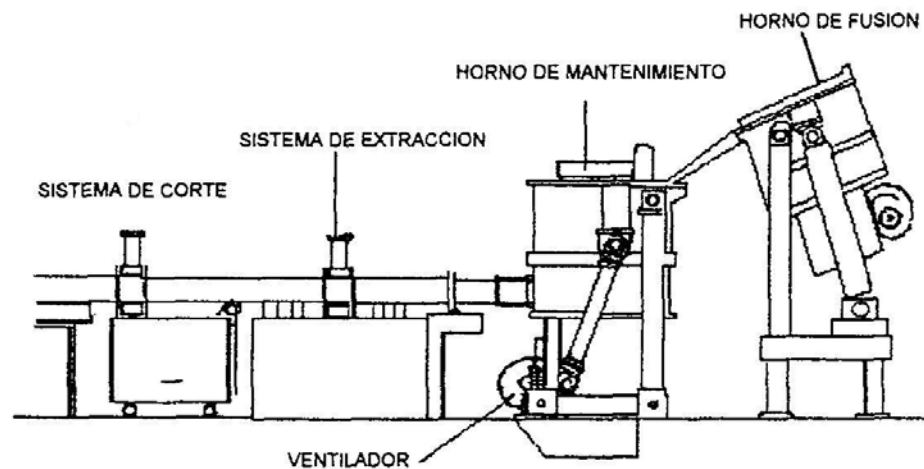


FIG. N° 12 VISTA DE PERFIL DEL SISTEMA DE COLADA CONTINUA HORIZONTAL

Tanto la velocidad de extracción (velocidad de colada) así como la temperatura de la placa saliente dependen directamente del programa y de los parámetros que se hayan escogido. Estos parámetros son:

- Espera
- Avance.
- Retroceso.

Los programas vienen enumerados del 1 al 4 y por lo general para la colada de latón se utilizan los programas 3 y 4, las que comprenden los siguientes parámetros:

- Programa 3: Espera - avance retroceso
- Programa 4: Espera - retroceso – avance

La espera es el tiempo que la maquina se detiene para darle al metal liquido la oportunidad de fluir sin turbulencia a la zona del liquido de la matriz, así mismo, para que la placa desarrolle una piel sólida, de modo que resista el esfuerzo de extracción de la maquina extractora.

El avance es el tiempo en que la maquina extrae una cierta longitud (mm).

El retroceso es el tiempo que emplea la máquina para volver a introducir la placa en la matriz.

Parámetros de operación

a) Los parámetros a utilizarse dependen de la aleación y se muestra en el siguiente cuadro

TABLA N° 10 PARÁMETROS DEL EXTRACTOR

PARÁMETROS	Latón 70/30	Alpaca 65-25-10
Espera	3.7-3.8	3.8
Avance	1.6-1.7	1.8
Retroceso	0,2-0.3	0.3

b) La velocidad de colada debe mantenerse según:

- Latón 70/30: 360 – 430 Kg/h
- Alpaca 65-25-10 : 350 – 400 Kg/h

c) El agua que se utiliza en la extracción para el enfriamiento de la placa tiene los siguientes parámetros:

TABLA N° 11

Presión	40 a 50 PSI
Temperatura de Ingreso	20 a 30 °C
Temperatura de salida	40 a 50 °C
Flujo del Agua	40 lt/min

3.2.5 Corte de placa

Inmediatamente después de la máquina extractora se encuentra una máquina de corte. Este se encuentra con circuito hidráulico comandado por electro válvulas para efectuar sus movimientos y de un motor eléctrico, el cual hace girar un disco-sierra para cortar las placas con longitudes comprendidas entre 5-6 metros.

Esta maquina de corte cuenta adicionalmente con una mordaza para que presione a la placa durante el corte, cabe mencionar que en ningún momento se detiene la extracción para que se corte la placa, ya que tanto la máquina extractora como la máquina de corte se encuentran sincronizadas.

Parámetro de operación

Las placas se cotan con una longitud según la aleación:

- Latón 70/30 de 6.2 metros
- Alpaca 65-25-10 de 6.8 metros

3.2.6 Calidad de la placa

La placa a obtener debe ser de buena calidad, evitando cortar placas con grietas, fisuras y oquedades muy profundas, los que deben ser rechazados, por que en el proceso de laminación aparecen defectos.

Cuando hay problemas en la calidad de la placa se analizan los parámetros de control como:

- Parámetros: programa, espera, avance y retroceso.
- Agua: flujo de ingreso.
- Ajuste de pernos de la matriz (enfriador/grafito).
- Temperatura del horno de mantenimiento: por ejemplo calentar para subir la temperatura.

En el caso de que no haya mejora para obtener una buena placa, bajar niveles para cambiar de matriz.

Los parámetros de control como la temperatura, extracción, análisis químico, etc., pueden ser modificados cuando el proceso lo requiera, teniendo en cuenta que las placas que se obtengan debe ser de buena calidad y un buen control en el sistema de operación.

TABLA N° 12 RESUMEN DE PARÁMETROS DE COLADA CONTINUA

Parámetros	Cobre	Latón	Alpaca
Temp. de Colada °C	1190-1230	1060-1090	1140-1150
Temp. H2O Entrad °C	30-35	27-30	25-30
Temp. H2O Salid °C	50-58	42-50	44-46
Caudal del H2O Lt/min	40	40	40
Presión de Ingreso de agua PSI	40	40	40
Avance Seg	1.6-1.8	1.6-1.7	1.8
Espera Seg	3.6-3.7	3.7-3.8	3.8
Retroceso Seg	0.2-0.3	0.2-0.3	0.3
Velocidad de colada Kg/Hr	460-500	360-430	350-400
Velocidad de corte	7.8-8.5	7.5-8.0	7.8-8.5
Dimensiones mm	17x300x5600	17x300x6000	18x320x6500
Peso de la placa Kg	249-252	258-262	240-250
Tiempo por placa Min	32	40	38
Producción Placa/ hr	15placas / 8hr	12placas / 8hr	11placas/ 8hr
Densidad gr/cc	8.89	8.53	8.92

3.3 Laminado

3.3.1 Escalpado de placas

Antes del laminado se tienen que eliminar los defectos superficiales de las placas tales como: rugosidades, oquedades e inclusive las pequeñas fisuras que se pueden presentar.

Las placas procedentes de fundición con un pesor de 17- 18 cm son escalpados a través de una fresadora frontal hasta un espesor de 16-17cm, las que se derivan al siguiente proceso de desbaste.

Procedimiento de escalpado

- Antes del inicio de las operaciones de escalpado, la máquina debe estar bien nivelada.
- Determinar la contracción de la sección transversal de la placa.
- Evaluar la calidad superficial de la placa (rugosidades, oquedades, fisuras, depósitos de zinc, etc).

- Determinar el número de pasadas por cada cara. Por ejemplo para las placas de latón 70/30 se da una pasada por cara.
- Determinar la profundidad del corte por cada cara. Por ejemplo para el latón 70/30 se tiene:
Cada + 0.65 mm en la cara superior + 0.45 mm en la cara inferior
- Regular el amperaje y el reloj en función a la profundidad de corte para pasada por cara.
- Evaluar la calidad final del escalpado.
- Después de cada pasada sacar la viruta pegada en la superficie de la placa.
- La duración de la fresa es de 110 - 130 placas. La duración de la fresa depende del rectificado de cuchillas y calidad de placa

Cambio del árbol de fresa

- El cambio de fresa se realiza por el pegado excesivo de la viruta en la superficie de la placa.
- Sacar la cañería del emulsol (refrigerante).
- Sacar el plato y cabezal.
- Sacar el árbol de fresa.

Medir el diámetro, si es menor y la que ingresa es mayor, se procederá a levantar una vuelta los polines superiores / inferiores de entrada y salida. Regular con el reloj el polín que presiona la placa.

Si el diámetro de la fresa que sale es mayor y la que ingresa es menor, se baja una vuelta los polines superiores e inferiores de entrada y salida.

Se sopletea con aire la parte interna de la maquina para sacar la viruta.

Se revisa los cuchillos de la fresa para detectar si están mal rectificadas o están movidos.

Se coloca el árbol de fresa rectificada, poner el plato y cabezal, y la cañería del emulsol.

Se prueba con una placa el corte de la viruta.

Cuando ingrese la placa, regular con el reloj la presión del polín sobre la placa hasta que el amperaje se encuentre entre 10/15 amperios.

Solamente hacer ingresar la placa 1/2 metro para la prueba de escalpado, luego apagar con stop.

Enseguida levantar el polín de presión una vuelta (reloj) y retroceder la placa hasta que salga totalmente.

Medir el espesor de ambos bordes, de la parte escalpada de la placa (1/2 metro), la diferencia no debe ser mayor de 0.05mm. En caso de que la diferencia sea mayor se debe colocar o quitar laines de latón del eje del polín superior (reloj).

Se debe sacar laines hasta nivelar ambos bordes y su diferencia no debe ser mayor que 0.05mm.

Se debe poner laines hasta nivelar ambos bordes y su diferencia no debe ser mayor que 0.05mm.

Una vez nivelado se procede a escalar, regulando solamente con el reloj hasta que el amperaje este entre 25 / 30 amperios.

3.3.2 Laminado de placas

En esta parte del proceso se describirá todas las etapas del trabajado en frío a la que es sometido el material durante su proceso de fabricación.

Las operaciones de laminación del latón en caliente son muy raras e incluso inexistentes, mientras que por el contrario las sucesivas laminaciones en frío llevan intercalados numerosos recocidos y consecuentemente procesos de decapado.

Las placas que vienen escalpadas de la etapa de fresado pasan primero por las laminadoras duo no reversibles DOMINIUM I y DOMINIUM II.

En la laminadora DOMINIUM I se reduce el espesor de 17-16 mm (del escalpado) a 6mm utilizándose como lubricante y refrigerante emulsol diluido con agua.

Asimismo la presión de aire de la compresora que sirve para el transporte de las placas debe encontrarse en el rango de 90 - 110 PSI.

Para la laminación de placas de latón 70/30 se realiza 5 pasadas y la de alpaca 65/25/10 se realizan 6 pasadas por los rodillos para llegar ambos al espesor de 6mm como se muestran en las tablas 13 y 14.

TABLA N° 13 Etapa de reducción para el latón 70/30

	Espesor inicial (mm)	Espesor final (mm)	%Reducción
Primera pasada	16,0	12,0	25,0
Segunda pasada	12,0	10,0	16,7
Tercera pasada	10,0	8,0	20,0
Cuarta pasada	8,0	7,0	12,5
Quinta pasada	7,0	6,0	14,3

TABLA N° 14 Etapa de reducción para la alpaca 65/25/10

	Espesor inicial (mm)	Espesor final (mm)	%Reducción
Primera pasada	17,0	15,0	11,8
Segunda pasada	15,0	13,0	13,3
Tercera pasada	13,0	11,0	15,4
Cuarta pasada	11,0	9,0	18,2
Quinta pasada	9,0	7,0	22,2
Sexta pasada	7,0	6,0	14,3

Las tolerancias de espesor final es: 6.00mm +/- 0.20mm

Una vez concluido el programa de laminación se lleva a cabo lo siguiente:

- Levantar los rodillos de laminación.
- Secar y cubrir los rodillos de laminación con aceite.
- Apagar los interruptores y la llave de encendido.

La siguiente etapa de la laminación se realiza en la laminadora DOMINIUM II, donde las placas finalmente son reducidas a 2.2 -2.4 mm de espesor. La siguiente etapa de laminación se realiza en la laminadora GUTMAN. En esta laminadora se reduce el espesor de 2.2-2.4 mm hasta 1.9mm tanto para el latón y alpaca. Esta laminadora Gutmann sirve para laminados de proceso como para acabados.

En este espesor de 1.9 mm tanto para latón y alpaca se sueldan dos placas para formar una banda o rollo de gran longitud.

3.4 Tratamiento térmico

El recocido de recristalización es una de las etapas tecnológicas más difundidas en la producción de semiproductos de cobre y sus aleaciones.

Elementos como Zr, Cd, Sn, Sb, Cr elevan la temperatura en que comienza la recristalización del cobre, mientras que el Ni, Zn, Fe, Co ejercen una influencia débil. El Cu desoxidado por fósforo, a diferencia del que contiene oxígeno, es propenso a un fuerte crecimiento de grano.

El umbral de la recristalización en presencia de fósforo, se desplaza a la zona de temperatura más elevada, y las impurezas como el Fe aumentan el grado crítico de deformación, que en el caso de latones es del 5% al 12%.

En el recocido tiene gran importancia la buena selección de temperatura y el tiempo en que se lleva a cabo este tratamiento térmico, porque dependen de estos parámetros el grado de recuperación y el crecimiento de grano. Dicha selección depende también

del grado inicial de trabajado en frío, las propiedades mecánicas requeridas y la composición de la aleación.

3.4.1 Hornos de recocido

Son hornos de pozo, intermitentes de forma cilíndrica vertical, cuyas paredes internas son de refractario cubierta de una chapa metálica, la llama del quemador a petróleo, es dirigida en forma vertical hacia abajo, sólo el gas caliente incide sobre la carga. El control del horno es automático, teniendo c/u de ellos registros de control de temperatura para no sobrepasar la temperatura máxima de trabajo.

Llamados también horno retorta, porque utiliza una campana protectora en atmósfera neutra utilizando gas propano, estos tanques cerrados son accionados por un motor en la parte superior que permite la generación de una atmósfera inerte solo de CO, evitando la oxidación del Cu por el oxígeno. Por lo que son utilizados sólo para material de Cu, y recocido de acabado para el latón. Todo el conjunto ingresa al horno de pozo accionado por petróleo con los respectivos rollos de latón y alpaca.

La retorta utiliza un tanque generador de atmósfera inerte en la cual ingresa gas propano C_3H_8 g.e.=1.5 – 2.2 a una temperatura ambiente y una presión de 5 PSI, esto se combina con el aire a condiciones normales, generadas por la compresora, controlando el flujo de la mezcla se enciende por una chispa de combustión (bujías).

La atmósfera en los hornos, es función del tipo de metal a tratar térmicamente por ejm. para el latón y alpaca no se controla la atmósfera durante el recocido, es decir trabaja en ambiente oxidante, por lo que el producto sale de los hornos con una película delgada de óxido, que se elimina luego en el decapado, en estas condiciones no se evita la evaporación del zinc.

Cuando el recocido del latón es de acabado, o cobre se realiza con atmósfera controlada.

Los rangos óptimos para el generador de atmósfera inerte son:

11% CO, 1,2% H₂, 86% N₂, 0,3% H₂O

Se tienen tres hornos de poza con y sin retorta, uno para recocer latón a diferentes espesores, los otros para acabados de Cu y latón, se cargan de 5 a 6 rollos dobles sujetos de las puntas en un portafollo de Fe. Se recose de 420°C a 650 °C por 5 a 8 hr.

Luego se enfría por 1 hora lentamente en aire y en agua. Sólo en Cu se utiliza retorta, y en unos casos acabado de Latón.

Latón 70/30: Recocido sin retorta 520°C x 4 1/2 hr

Alpaca 65/25/10: Recocido sin retorta 620 °C x 6 1/2 hr

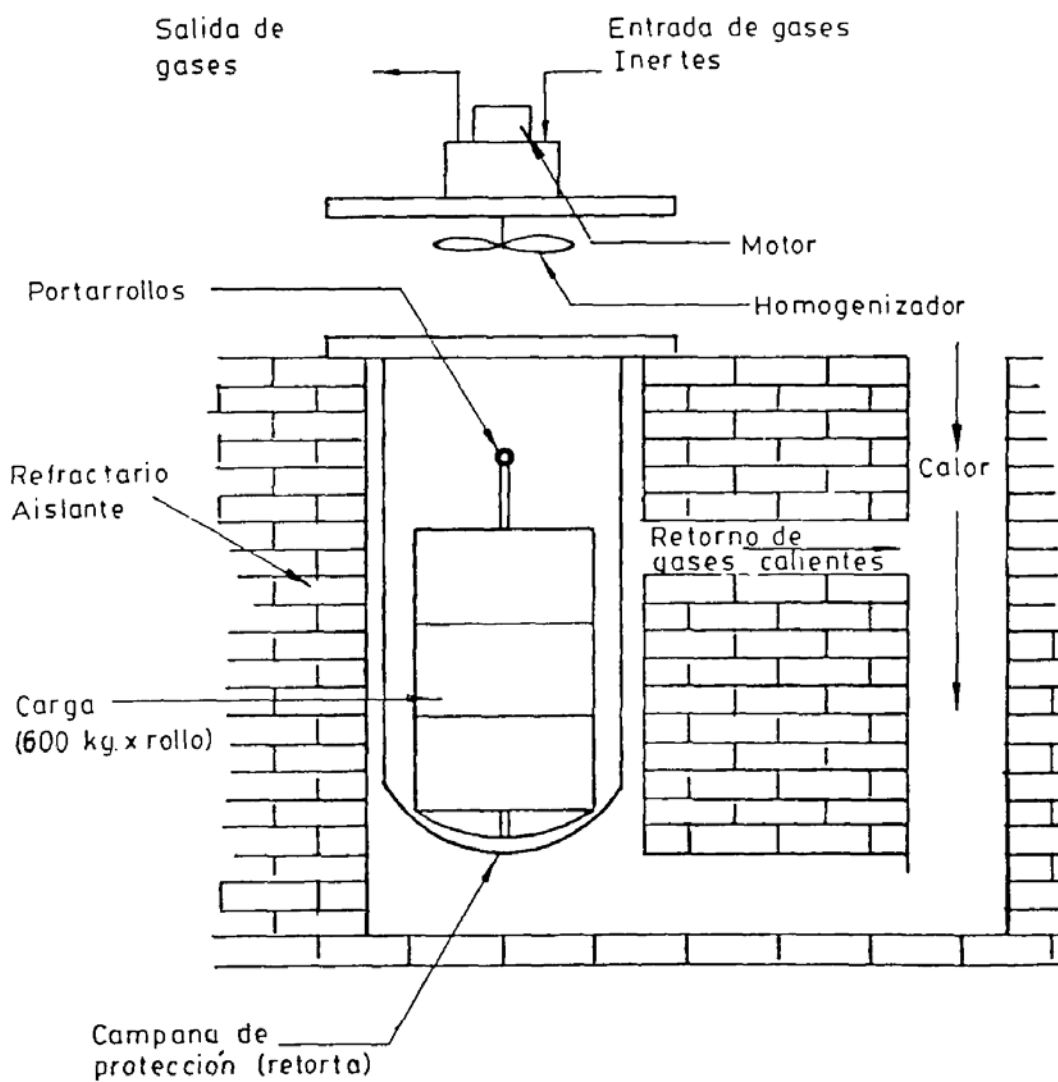


FIG N° 13 ESQUEMA DEL PRINCIPIO DE UN HORNO TIPO POZO CON RETORTA DE PROTECCION

3.5 Soldadura de rollos

Se unen 2 bobinas luego del laminado secundario (laminadora Gutmann), mediante la soldadura TIG, en base a Tungsteno en atmósfera inerte de gas argón. La soldadura es en forma diagonal para disminuir tensiones en la parte soldada con el tiro de la laminación.

El tiempo del proceso es aprox. 15 min., con una capacidad de producción de 32 rollos/hr

3.6 Decapado

Sobre la superficie de semi-productos recocidos en una atmósfera oxidante aparece una película de óxidos de cobre, el proceso consiste en la inmersión de los rollos en tinas de solución de H_2SO_4 al 25% y 10% de $K_2Cr_2O_4$ para evitar la redeposición de Cu en los latones. El volumen de la tina de decapado es de 1200 lt y se mantiene el baño a un $Ph=2$, para corregir el incremento de pH, se añade carbonato de sodio, la velocidad de pasado a promedio es de 4 m/min. Luego es lavado, secado y enrollado el fleje para una nueva laminación final.

En las soluciones de decapado durante este proceso se acumulan iones de metales Cu y Zn, que en elevadas concentraciones impiden el decapado, por lo cual debe cambiarse la solución al notarse estas concentraciones.

Una segunda etapa de decapado, se repite el proceso de lavado, secado, limpieza de los rollos con solución al 20% H_2SO_4 para la última etapa de recocido

Por ejm. a 450 °C por 5 hr., se enfría, se decapa finalmente añadiendo K_2CrO_4 en pequeñas cantidades para abrillantar el Latón. La capacidad de producción es de 8 rollos dobles en 8 horas.

3.7 Corte y empaque

Según en las dimensiones solicitadas por el cliente, generalmente según las internacionales de la ASTM, luego se empaqa y se ajusta los rollos, según interno y el peso pedido.



FIG. N° 14 CORTE Y EMPAQUE

3.8 Control de calidad

El control de calidad, se efectúa en cada etapa del proceso de fabricación, desde su ingreso a la fundición, el personal de esta área se encarga el material acabado fundamentalmente, acerca de sus dimensiones defectos presentes, propiedades mecánicas, eléctricas y físicas, en coordinación con el laboratorio para su aceptación o rechazo.

Las inspecciones, básicamente son las siguientes:

3.8.1 Inspección visual

Es el método primario de prueba de la calidad superficial de las bobinas o flejes. La norma impuesta depende del uso final. Durante la colada se controla la calidad de los

planchones, los cuales no deben tener defectos superficiales como porosidades, sopladuras, ampollas, ralladuras, manchas.

Las cintas son inspeccionadas en una mesa de rebobinado, cuya velocidad oscila de 15 a 45 m/min. Las porciones defectuosas, son separadas y cortadas con tenazas manuales o cizallas dependiendo del espesor, luego las cintas son unidas por papel adhesivo y rebobinados.

3.8.2 Controles físicos y químicos

Los análisis químicos se realizan a partir de las muestras extraídas de los hornos de calentamiento luego que ha fundido toda la carga añadida, los análisis de los elementos aleantes se hace por intermedio del Quantometro 3460 ARL para determinar cuantitativamente la concentración de análisis químico en una muestra de metal.

El tiempo total de cada análisis es de aprox. 7 min. y su resultado nos indicará si la carga del horno requiere o no de algún reajuste o contiene alguna impureza.

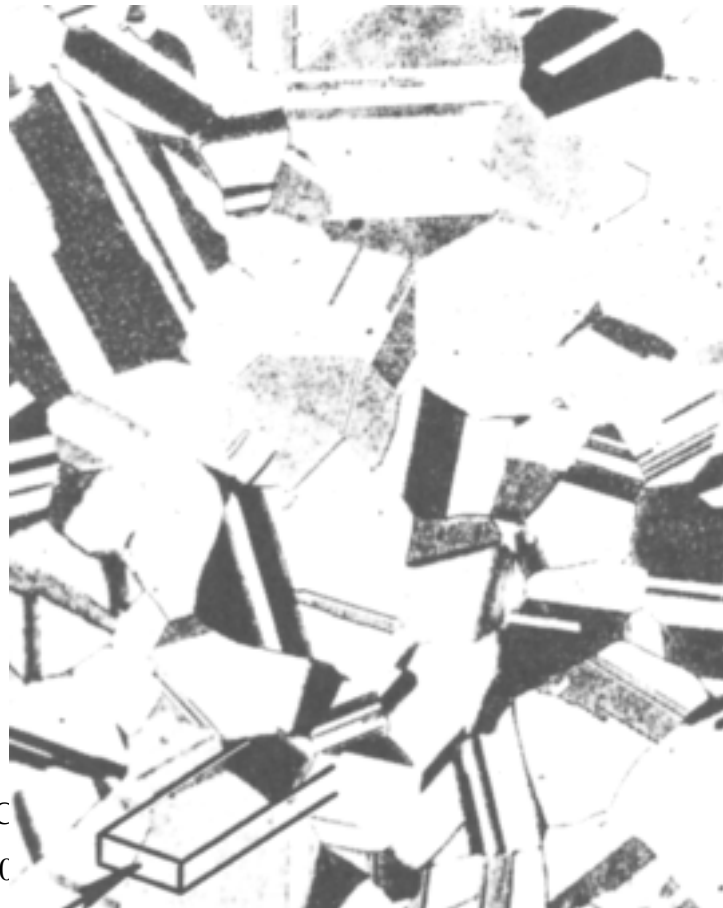
También se realiza pruebas químicas de las soluciones de decapado, controlando el Ph y acidez de la solución, para ello se titula con carbonato; por otra parte se controla la dureza del agua de enfriamiento por el método de TrillónB.

Las pruebas físicas que generalmente se realizan son:

- Dureza Rockwell superficial 15T, 30T
- Ensayo de tracción para espesores menores a 1 mm.
- Ensayo de embutición.
- Tamaño de grano, norma ASTM.
- Ancho, espesor, curvatura y ondulación, norma ASTM-B36

Finalmente si se encuentra dentro de las normas establecidas, se aprueba y se procede al sellado, pesaje, embalaje y almacenaje para su despacho. Los materiales rechazados, pasan a formar parte de los retornos a la fusión, normalmente el % de retornos o rechazos esta alrededor del 30%, mayormente por desperdicios durante el proceso, esto indica que se debe optimizar el proceso, ya que es excesivo el porcentaje de retornos.

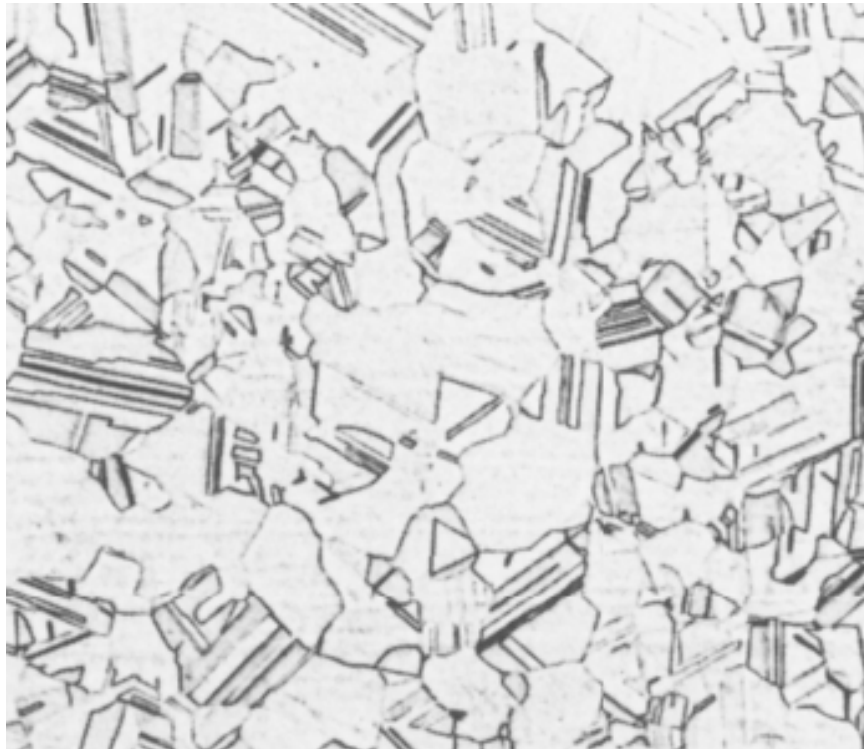
Metalografía de latón 70/30 y alpaca 65-25-10



Aleación C
final de 0.0
de cloruro d

tamaño de grano
olución alcohólica

200 μm



Alpaca C74500 (65-25-10) laminado en frío, recocido a un tamaño de grano final de 0.070-0.090 mm, muestra granos cristalizados equiaxiales con bandas de maclas. (Ataque: Solución alcohólica de cloruro férrico) 100x

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La presencia de la fase β , así como de las impurezas como el Fe y Pb dificultan la laminación del latón. La recirculación con estos elementos ve en detrimento de la calidad del producto laminado.
2. Los hornos de recocidos industriales, de acuerdo a su diseño, desarrollan una determinada velocidad de calentamiento, que influye en la uniformidad de recocido de los materiales. Por ejemplo durante el calentamiento se genera gradientes de temperatura entre horno, retorta y material, lo que debe tomarse, en cuenta para efectuar el escalamiento adecuado y aplicar los tiempos y temperaturas encontrados a nivel laboratorio.
3. Una disposición adecuada de equipo y herramientas de trabajo en la planta de fundición puede reducir el número de accidentes que pudieran ocurrir y hacer más eficiente la operación en esta planta.
4. Los Polvos de Zn se pueden recuperar mediante una campana extractora que sirve como materia prima de fertilizantes, y pinturas.
5. El transvase de los hornos de fusión al de mantenimiento tiene que ser lento, limpio de escoria, a la temperatura adecuada, teniendo en cuenta que en el recorrido por la canaleta se pierde temperatura y cuando el nivel en el horno de mantenimiento baje hasta cerca del nivel de la ventana de colada, de tal forma que la turbulencia, obstrucciones y el ambiente no afecten la calidad de la placa extraída. Luego del transvase al horno de mantenimiento se cubre la superficie del baño con carbón vegetal con la finalidad de mantener en lo posible la temperatura de colada constante.
6. Uno de los factores principales que afecta el crecimiento de grano es la velocidad de colada, en la cual a mayor velocidad, mayor tamaño de grano, y viceversa. Para ello se optimizan los demás parámetros metalúrgicos; idealmente la velocidad de colada debe ser igual a la velocidad de solidificación.

7. En el caso del Latón, se empieza con una velocidad de colada alta de unos 390 kg./h. ya que el grafito se desgasta más en la parte delantera por el ZnO.
8. En colada continua las líneas de solidificación vistas en la placa, si son más curvas quieren decir que el enfriamiento es más lento en el centro, o la velocidad de colada es rápida. Caso contrario, si las líneas de solidificación son más rectas indican un buen enfriamiento o una velocidad lenta.
9. En colada continua el control riguroso de los parámetros de operación harán posible que muchos defectos físicos observados en placas, tales como: rechupes, grietas, rugosidades, etc. sean eliminadas a tiempo.
10. En una evaluación macrográfica de las placas se ha determinado que las que poseen una distribución granulométrica homogénea de granos grandes presentan un comportamiento muy positivo a la deformación, en consecuencia, es de vital importancia controlar durante la extracción de placas los mecanismos de aportación y pérdida de calor.
11. En el área de recocido en algunos casos sobre los flejes de latón, pueden notarse manchas rojas provocadas por los óxidos cúpricos (CuO) y cuprosos (Cu_2O) que se originan al recocer el material. A elevada temperatura el cobre reacciona con el oxígeno para producir estos compuestos. Se atenúa este hecho recociendo en presencia de una atmósfera controlada. En todo caso, estas manchas rojas son eliminadas decampando los rollos con mezcla sulfocrómica (solución de ácido sulfúrico + dicromato de sodio). También se logra este objetivo utilizando la solución habitual de ácido sulfúrico pero con la adición de peróxido de hidrógeno.
12. En el proceso de laminación, el material tiende a presentar grietas en los bordes y en determinado momento de estas grietas se desprenden esquirlas, las que algunas veces son aprisionadas por los rodillos, provocando este hecho marcas en la superficie del laminado. Este defecto se atenúa controlando la dureza del material (no debe ser excesiva), evitando llegar al punto en el que se desprendan

dichas partículas. También las impurezas del fundido (por ejemplo exceso de hierro) exacerban las grietas en el laminado.

13. La correcta elaboración de una aleación de cobre comienza con la elección de la chatarra, por eso es imprescindible conocer lo más exactamente posible el grado de limpieza, la densidad y la composición química de las mismas. Por lo tanto, en la compra de la chatarra es primordial manejar factores como: origen, densidad, dimensiones y limpieza del producto y para el uso de la chatarra además de las anteriores interesa también la composición química, el grado de oxidación y los materiales adheridos.
14. Durante la fusión del material en la superficie del baño se agrega carbón vegetal para proveerlo de una capa reductora, que proteja al máximo al metal y se eviten pérdidas en la escoria. Para este mismo propósito se usa para mover el baño palos de eucalipto.
15. En colada continua la temperatura del agua de refrigeración debe estar entre 45-50 °C, si fuera menor, la placa podría quedarse parada en la matriz, por la gradiente tan elevada de enfriamiento.
16. En la fusión del material el zinc se debe de agregar un instante antes de bascular, este actúa como desgasificante por su menor temperatura de fusión (proceso llamado flameado), se observan llamas amarillas intensas y humo blanco.
17. Los hornos generalmente trabajan a 460 voltios donde se tiene la mayor eficiencia calorífica, los condensadores se encargan de mantener la energía inductiva (reactiva) en equilibrio con la activa para tener la mayor eficiencia eléctrica (corrigen el factor de potencia).
18. En recocido un mayor porcentaje de Fe, Pb y Sn principalmente durante la colada en fundición dará como resultado el incremento de las temperaturas de recocido, dando la posibilidad de tener manchas rojas, grietas o marcas "patas de gallo" que dan un aspecto superficial sujeto a desaprobación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alberto Landauro y Arturo Lobato Flores. Hornos Metalúrgicos, 1970
2. Annual Book of ASTM Standards 1997 Section 2, Volume 02.01 Copper and Copper Alloys.
3. B.A. Linchevski; Metalurgia de Metales no Ferrosos. Ed. Mir
4. C.D. Collinson; Development and use of rolling-mill equipments for Copper.
5. Dr. Eduardo J. Box; Prácticas de Metalografía, Ediciones Marymar. Buenos Aires, 1974.
6. Dr. José M. Lasheras. Tecnología de los Materiales Industriales. Ediciones Cedel. Barcelona, 1974.
7. G. Hilly – C. Chaussin. “Metalurgia Física”.
8. Herenguel Jean. El cobre y sus aleaciones. Metalurgia Especial.
9. Kolachev, B.A.. Tecnología de tratamiento térmico de metales y aleaciones no férreas, 1983
10. Lawrence Van Vlack. Materiales para Ingeniería, Editorial Continental, México, 1975.
11. Informe Interno Procedimientos de Productos: “CIRINVESAC” .1995.
12. Robert Sundeen; Induction melting for brass and bronze.
13. Serie Electrotecnologías: "Hornos Industriales de Inducción" Autores: Julio Astigarraga Urquiza, José Luis Aguirre Ormaza .1995.
14. Tesis N° 255: "Obtención de Placas de Cobre y Latones Alfa por Colada Continua Horizontal". Autor: Mendoza Apolaya, Jesús Manuel.1986.
15. Thomas P. Wertli; The current standing of horizontal continous casting technology.
16. Jornada Metalurgica: “Metalurgia de los metales no ferrosos aleaciones y subproductos”, 1980
17. Yony Abrigo, Metalografía y Propiedades de los Metales Industriales, CONCYTEC – Perú, 1996

ANEXOS

RESISTENCIA A LA TRACCION Y DUREZA 30 T (ASTM B-36)

TABLA N° I ALEACION UNS N° C21000 95/05

TEMPLE		TENSION		ESCALA SUPERFICIAL 30T			
		Kg/mm ²		De 0.305 a 0.711 mm		Sobre 0.711 mm	
DESIGNACION ANTIGUA		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
H01	¼ DURO	26.07	33.11	34	51	37	54
H02	½ DURO	29.59	36.64	46	57	48	59
H03	¾ DURO	32.41	39.45	52	60	54	62
H04	DURO	35.23	41.57	57	62	59	64
H06	EXTRA DURO	39.45	45.09	62	66	63	67
H08	RESORTE	42.27	47.91	64	68	65	69
H10	EXTRA RESORTE	42.98	48.61	65	69	66	70

TABLA N° II ALEACION UNS N° C22000 90/10

TEMPLE		TENSION		ESCALA SUPERFICIAL 30T			
		Kg/mm ²		De 0.305 a 0.711 mm		Sobre 0.711 mm	
DESIGNACION ANTIGUA		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
H01	¼ DURO	28.18	35.23	34	51	37	54
H02	½ DURO	33.11	40.26	50	59	52	61
H03	¾ DURO	36.64	43.68	56	62	58	64
H04	DURO	40.16	46.50	60	65	62	67
H06	EXTRA DURO	45.09	50.73	64	68	66	69
H08	RESORTE	48.61	54.25	67	69	68	70
H10	EXTRA RESORTE	50.73	56.36	68	70	69	71

TABLA N° III ALEACION UNS N° C23000 85/15

TEMPLE		TENSION		ESCALA SUPERFICIAL 30T			
		Kg/mm ²		De 0.305 a 0.711 mm		Sobre 0.711 mm	
DESIGNACION ANTIGUA		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
H01	¼ DURO	31.00	38.05	42	57	45	60
H02	½ DURO	35.93	42.98	56	64	58	66
H03	¾ DURO	40.16	47.20	63	68	65	70
H04	DURO	44.39	50.73	67	71	69	73
H06	EXTRA DURO	50.73	56.36	70	74	73	76
H08	RESORTE	54.95	60.59	74	76	76	78
H10	EXTRA RESORTE	57.77	63.41	75	77	77	79

TABLA N° IV ALEACION UNS N° C24000 80/20

		TENSION		ESCALA SUPERFICIAL 30T			
TEMPLE		Kg/mm ²		De 0.305 a 0.711 mm		Sobre 0.711 mm	
DESIGNACION ANTIGUA		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
H01	¼ DURO	33.82	49.86	42	57	45	60
H02	½ DURO	38.75	45.80	56	64	58	66
H03	¾ DURO	42.98	50.02	63	68	65	70
H04	DURO	47.91	54.25	68	72	69	73
H06	EXTRA DURO	54.95	61.30	72	75	73	76
H08	RESORTE	59.89	65.52	75	77	76	78
H10	EXTRA RESORTE	62.70	68.34	76	78	77	79

TABLA N° V ALEACION UNS N° C26000 70/30

		TENSION		ESCALA SUPERFICIAL 30T			
TEMPLE		Kg/mm ²		De 0.305 a 0.711 mm		Sobre 0.711 mm	
DESIGNACION ANTIGUA		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
H01	¼ DURO	34.52	41.57	43	57	46	60
H02	½ DURO	40.16	47.20	56	68	58	68
H03	¾ DURO	45.09	52.14	65	70	67	72
H04	DURO	50.02	57.07	70	73	71	74
H06	EXTRA DURO	58.48	64.82	74	76	75	77
H08	RESORTE	64.11	70.45	76	78	76	78
H10	EXTRA RESORTE	66.43	73.27	77	79	77	79

TABLA N° VI ALEACION UNS N° C26800 66/34

		TENSION		ESCALA SUPERFICIAL 30T			
TEMPLE		Kg/mm ²		De 0.305 a 0.711 mm		Sobre 0.711 mm	
DESIGNACION ANTIGUA		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
H01	¼ DURO	34.52	41.57	43	57	46	60
H02	½ DURO	38.75	46.80	54	64	56	66
H03	¾ DURO	43.68	50.73	65	69	67	71
H04	DURO	47.91	54.95	68	72	69	73
H06	EXTRA DURO	55.66	62.70	73	75	74	76
H08	RESORTE	60.59	66.93	75	77	76	78
H10	EXTRA RESORTE	63.41	69.75	76	78	77	79

TABLA N° VII ALEACION UNS N° C27200 63/37

TEMPLE		TENSION		ESCALA SUPERFICIAL 30T			
		Kg/mm ²		De 0.305 a 0.711 mm		Sobre 0.711 mm	
DESIGNACION ANTIGUA		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
H01	¼ DURO	34.52	41.57	43	57	46	60
H02	½ DURO	39.45	46.50	54	67	56	68
H03	¾ DURO	44.39	51.43	64	70	66	71
H04	DURO	49.32	56.36	67	72	68	73
H06	EXTRA DURO	57.07	64.11	72	75	72	76
H08	RESORTE	-		-		-	
H10	EXTRA RESORTE	-		-		-	

ALEACION ALPACA C74500

TABLA N° VIII COMPOSICION QUIMICA

% Cu	% Zn	% Ni	% Fe MAX	% Pb MAX	% Mn MAX
63.5 – 66.5	REM	9.0 – 11.0	0.25	0.10	0.50

TABLA N° IX DE TEMPLES

TEMPLE		TENSION		DUREZA ROCKWELL			
		Kg/mm ²		B*		30 T**	
DESIGNACION ANTIGUA		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
H01	¼ DURO	32.9	51.1	51	80	50	70
H02	½ DURO	46.9	57.4	72	87	65	75
H04	DURO	56.0	65.8	85	92	73	78
H06	EXTRA DURO	62.3	71.4	90	94	76	79
H08	RESORTE	66.5	75.6	92	96	77	80

* PARA METALES DE ESPESOR MAYOR E IGUAL A 0.5 mm

** PARA METALES DE ESPESOR MAYOR E IGUAL A 0.3 mm

TABLA N° X PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS ALEACIONES DE COBRE

COD ASTM	ALEACIONES DE COBRE	DENSIDAD (gr/cc)	K 20□C (W/m °K)	TEMPERATURA SÓLIDO-LIQUIDO (°C)	MAQUIN. % DE C36000
C11000	ETP	8.89	388	1065-1083	20
C18700	99Cu-1Pb	8.94	377	950-1080	85
C21000	95Cu-5Zn	8.86	234	1050-1065	20
C22000	90Cu-10Zn	8.80	189	1020-1045	20
C23000	85Cu-15Zn	8.75	159	990-1025	30
C24000	80Cu-20Zn	8.67	140	965-1000	30
C26000	70Cu-30Zn	8.53	120	915-955	30
C27000	65Cu-35Zn	8.47	116	905-930	30
C28000	60Cu-40Zn	8.39	123	900-905	40
C36000	61.5Cu-35.5Zn-3Pb	8.50	115	885-900	100
C37000	60Cu-39Zn-1Pb	8.41	120	885-900	70
C37700	60Cu-38Zn-2Pb	8.44	120	880-895	80
C38500	57Cu-40Zn-3Pb	8.47	123	875-890	90
C40500	95Cu-4Zn-1Pb	8.83	165	1025-.1060	20
C50500	98.7Cu-1.3Sn	8.89	208	1035-1075	20
C52100	92Cu-8Sn	8.80	62	880-1020	20
C52400	90Cu-10Sn	8.78	50	845-1000	20
C60600	95Cu-5Al	8.17	79.5	1050-1065	20
C61000	92Cu-8Al	7.78	69	1040	20
C70600	90Cu-10Ni	8.94	40	1100-1150	20
C71000	80Cu-20Ni	8.94	36	1150-1200	20
C71500	70Cu-30Ni	8.94	29	1170-1240	20
C83600	85Cu-5Sn-5Pb-5Zn	8.83	72	855-1010	84
C93200	83Cu-7Sn-7Pb-3Zn	8.93	59	885-975	70