

## **EL USO DEL CRISTALIZADOR ELECTROTÉRMICO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE UNA TECNOLOGIA LIMPIA PARA LA REFINACION DE Sn.**

Jaime A. Rocha

[jirocha@umsa.bo](mailto:jirocha@umsa.bo), Universidad Mayor de San Andrés – Instituto de Investigaciones en Metalurgia y Materiales, C. Postal 9877, La Paz, Bolivia

### **RESUMEN**

Previa una revisión histórica de la Fundición de estaño de Vinto en Oruro – Bolivia, se explican algunas de las razones para el uso del Cristalizador Electrotérmico.

Se describe brevemente el principio de trabajo y el equipo utilizado, para luego compararlo con los procesos alternativos.

Finalmente, se enumeran las principales razones para considerar al Cristalizador como una tecnología más limpia.

## **THE USE OF ELECTROTHERMAL CRYSTALLIZER FROM CLEAN TECHNOLOGY POINT OF VIEW FOR Sn REFINING**

Jaime A. Rocha

[jirocha@umsa.bo](mailto:jirocha@umsa.bo), University of San Andrés – Metallurgical and Materials Research Institute, Po.Box. 9877, La Paz, Bolivia

### **ABSTRACT**

Previous a historical revision of Vinto Tin Smelter in Oruro – Bolivia, the reasons for Electrothermal Crystallizer acquisition, was explained.

After a brief description of the equipment, it was compared with the other known alternatives for Pb and Bi elimination from liquid tin.

Finally, some reasons to consider the Crystallizer such as a Clean Technology was took into account

## **ANTECEDENTES**

La Empresa Nacional de Fundiciones (ENAF), inició sus actividades en 1970 con la Fundición de Estaño de Alta Ley en Vinto, Oruro – Bolivia, para la reducción de concentrados de estaño en Horno reverbero y obtener un metálico con varias impurezas. La refinación del metálico bruto, era realizada por combinación de refinación térmica y refinación electrolítica. La inclusión de mejoras en el proceso electrolítico, dio la posibilidad de obtener estaño de alta pureza, dando origen a marcas exclusivas de ENAF. Posteriormente, cuando se produjo la ampliación de la planta en 1976, fue necesario incluir un circuito de refinación térmica, en vista de la necesidad de un circuito de refinación con menor tiempo de retención que el electrolítico.

La inauguración de la planta de baja ley en 1979, aparte de ser específica para minerales de éstas características, incluía la refinación al vacío, que servía de complemento adecuado para la refinación térmica.

Lamentablemente, producto de la crisis de la minería y del estaño principalmente, en 1985, la capacidad de la planta se redujo a la mínima posible, quedando el circuito de refinación térmica sobredimensionado, requiriéndose de un proceso alternativo que supere las limitaciones de la refinación térmica y electrolítica y pueda apoyar la operación rentable de la planta.

En los años 90, la Fundición de Vinto, opto por adquirir el Cristalizador Electrotérmico Continuo Yun Tin, mas conocido como el Cristalizador Chino, que aparte de tener ventajas operativas, ofrecía la posibilidad de obtener subproductos mas fáciles de comercializar. Los tres equipos adquiridos, tenían una capacidad de 10 Ton/día.

## **INTRODUCCION**

Las tecnologías utilizadas para la eliminación de plomo y bismuto de estaño metálico pueden resumirse en las en las siguientes alternativas:

- Refinación térmica . Eliminación de Pb por cloruración y Bi por un proceso similar al Kroll-Betterton ( Ca, Mg)
- Refinación al vacío
- Tostación clorurante de concentrados previa la reducción para disminuir costos de insumos en refinación térmica.
- Refinación electrolítica.
- Cristalizador Electrotérmico.

El Cristalizador Electrotérmico, se trata de la última alternativa adoptada por la Fundición de Vinto, para la eliminación de Pb y Bi, ya que independientemente del arrastre de otros metales, el comportamiento de estos elementos en aleación con el estaño, es ideal para el tratamiento usando este proceso.



1,2,3 = Sistema calefactor

7 = Salida de gases calientes y entrada de carga

4 = Espiral colectora de cristales

8 = Salida del líquido

5 = Paletas de la espiral

9 = Salida de cristales refinados.

6 = Base de sujeción de todo el sistema

El funcionamiento, esta basado en lo explicado en la teoría, siendo una de las partes mas importantes del equipo el sistema calefactor que debe proveer un gradiente de temperatura a lo largo de todo el equipo desde mas o menos  $186^{\circ}\text{C}$  en el punto (8) -salida del líquido- hasta mas o menos  $232^{\circ}\text{C}$  en el punto (9) -salida de cristales refinados-.

La alimentación ingresa al cristalizador (7), produciendo un líquido empobrecido (de una composición  $b'_1$  si asociamos a lo visto en la Figura 1), que es desalojado por la parte más baja (8), mientras que, los cristales producidos (de una composición  $b_1$ , que sobrenadan en el líquido de mayor peso específico), son recogidos por la espiral y llevados a una parte más alta donde la temperatura también es más alta, originando a partir de estos cristales una separación de más líquido que fluye hacia abajo y cristales mas puros que continúan su ascenso. El proceso procede de la forma descrita estableciéndose una sucesión de equilibrios hasta la parte superior, donde se produce la última separación de líquido (de una composición  $b'_n$ ), que se desplaza hacia la parte inferior del cristalizador y unos cristales (de una composición  $b_n$ ), que son desalojados del cristalizador (9).

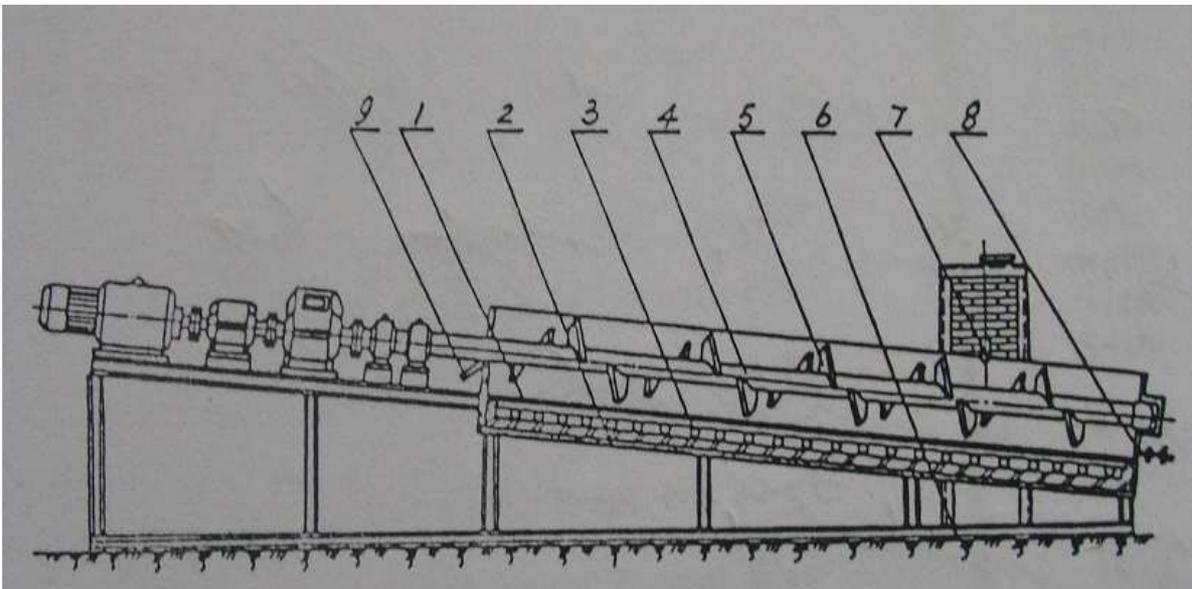


Figura 2 .- Descripción del cristalizador chino (Ref. 4).

## **VENTAJAS COMPARATIVAS DEL CRISTALIZADOR ELECTROTÉRMICO**

Las características más importantes del cristalizador y sus ventajas frente a las otras alternativas antes mencionadas son:

- La calidad del metálico obtenido, cumple con las especificaciones requeridas del mercado, lo que hace a este proceso elegible frente a las otras alternativas.
- Las temperaturas de trabajo están por debajo de 232 °C, lo que influye en: los costos de energía frente a temperaturas mayores que se requieren en los procesos térmico y de vacío, se contribuye a la seguridad industrial al existir menor riesgo, y finalmente, no se requieren refractarios y materiales resistentes a altas temperaturas.
- Los productos son perfectamente comerciables, tanto los cristales refinados como la aleación obtenida (soldadura), no teniendo subproductos que deban ser almacenados o recirculados. Ocasionalmente, las aleaciones obtenidas pueden ser tratadas para un ajuste de la composición, lo que no sucede con la refinación térmica y al vacío, ya que solo parte de los subproductos pueden ser comercializados o transformados a una forma comercial, debiendo ser normalmente almacenados, recirculados o tratados en procesos aparte.
- Por la temperatura de trabajo y por la no utilización de reactivos de proceso, no se producen gases nocivos adicionales a los vapores metálicos (que también están disminuidos por la baja temperatura), como sucede en la tostación clorurante, utilización de Cloro y calcio y/o magnesio en la refinación térmica o vapores ácidos como en la electrólisis.
- La capacidad de tratamiento es ajustable a los requerimientos de la planta sin requerir elevadas inversiones, como en el caso de la electrólisis donde se requieren fuertes inversiones inclusive en infraestructura para incrementar la capacidad de tratamiento.

## **POSIBILIDADES DE APLICACION EN LA REFINACION DE OTROS METALES**

Un comportamiento similar al del Pb y el Bi en el estaño metálico, ofrece siempre una posibilidad de aplicación de este proceso, es decir; elementos que junto al metal base originen la formación de un eutéctico con solubilidad en la fase sólida y que la composición inicial se encuentre en la zona rica del metal base, es decir sea hipoeutectoide, son condiciones iniciales favorables.

En el caso del cobre, la eliminación de As y Sb utilizando el Cristalizador, debería ser estudiada, ya que los diagramas binarios Cu-As y Cu-Sb, presentan las características antes mencionadas, como se muestra en las Figuras 3 y 4 respectivamente.

## CONCLUSIONES

Las ventajas medioambientales del Cristalizador frente a tecnologías alternativas, para considerarla una tecnología más limpia, pueden ser resumidas en las siguientes:

- Bajo consumo de energía.
- No se requieren almacenar o recircular subproductos, originando acumulación externa al circuito de tratamiento o dentro el mismo circuito.
- Baja producción de gases.
- No existen sub-productos, que contengan reactivos químicos adicionales, principalmente en los gases.

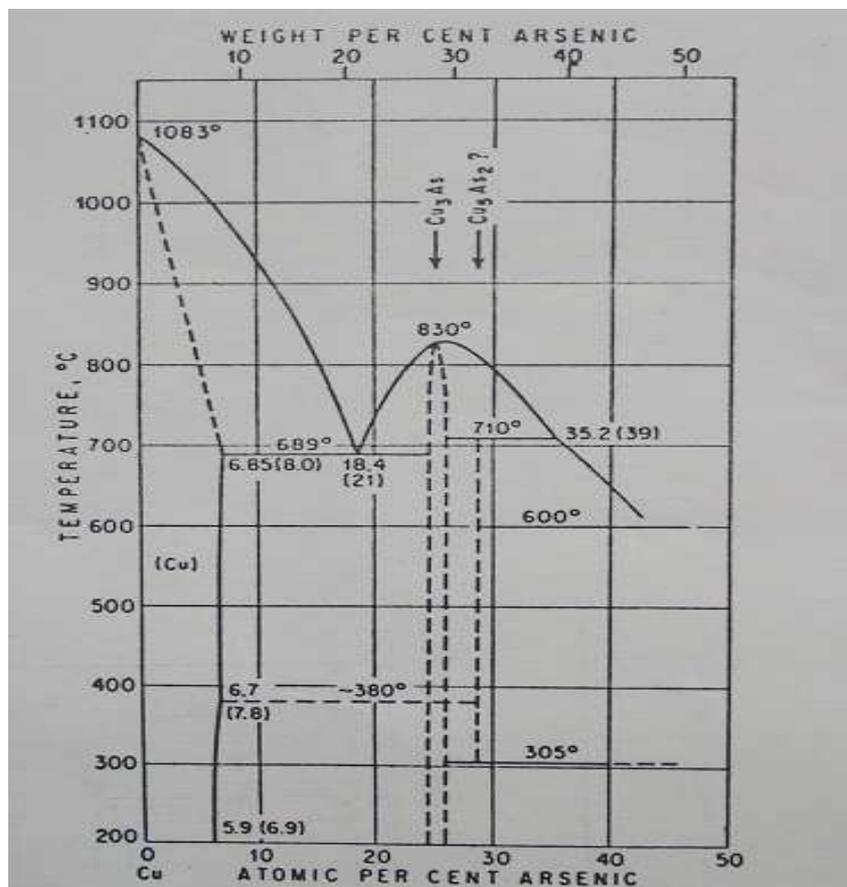


Figura 3.- Diagrama Binario Cu - As (Ref. 1)

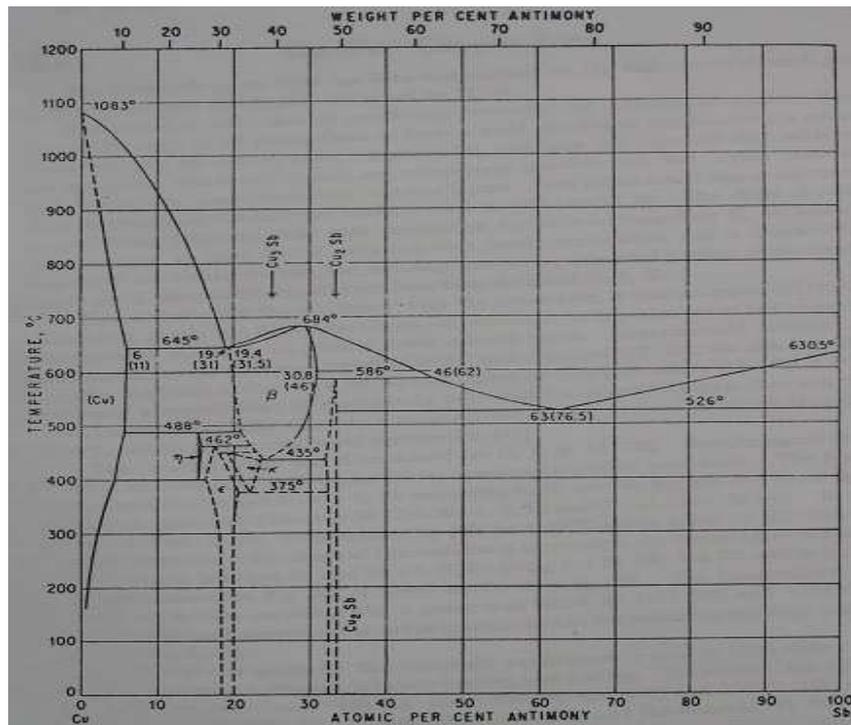


Figura 4.- Diagrama Binario Cu - Sb (Ref. 1)

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

- 1.- Hansen M., Constitution of Binary Alloys, Mc Graw Hill Book Co., N.Y., 1958.
- 2.- Joffre J., Refinación de Estaño, Perfil Minero Metalúrgico, No. 10, Septiembre 1977, Pags. 2-8.
- 3.- Lema J., Folletos y Comunicaciones internas MINERAL PROCESSING S.R.L., Septiembre 1993.
- 4.- Melin A., Metallraffination Durch Faraktionierte Kristallisation Aus der Schmelze, Erzmetall, 41 (1988) Nr. 10, Pags. 522-525.