

RECICLAJE DE MATERIALES NO FERROSOS, EN BUSCA DE UNA PRODUCCIÓN MAS LIMPIA

Recycling of nonferrous materials, in search of a clean production but

RESUMEN

El aluminio y el bronce pertenecen a los materiales no ferrosos y cumplen con la característica de ser cien por ciento reciclables, además el aluminio presenta como ventaja el requerir sólo un cinco por ciento de la energía necesaria para regresar al metal primario inicial. Para producir aluminio a partir del reciclaje de productos usados de dicho metal (reciclaje, escorias, etc), se requiere de procesarlo para recuperar el metal mediante pretratamiento, fundición y refinado.

Para proceder al reciclaje de estos metales, se debe realizar una clasificación de la chatarra y compactarla adecuadamente. Los residuos de materiales no ferrosos son fáciles de manejar porque son ligeros, no arden, no se oxidan, se pueden transportar sin mayor inconveniente, además son materiales cotizados, rentables y proporcionan una fuente de ingresos y ocupación para la mano de obra no calificada.

PALABRAS CLAVES: Aluminio, bronce, producción más limpia, metals no ferrosos.

ABSTRACT

The aluminum and the bronze belong to the nonferrous materials and fulfill the characteristic of being one hundred recyclable percent, in addition the aluminum presents/displays like advantage requiring only a five percent of the energy necessary to return to the initial primary metal. In order to produce aluminum from the product recycling used of this metal (recycling, dregs, etc), it is required to process it to reclaim the metal by means of pre-cure, smelting and refining.

In order to come to the recycling of these metals, it is due to realise a classification of the scrap iron and to compact suitably. The residues of nonferrous materials are easy to handle because they are light, do not burn, do not oxidize, can be transported without inconvenient major, in addition material they are quoted, profitable and they provide a source of income and occupation for manpower nondescribed.

KEYWORDS: Aluminum, bronze, clean production but, metals nonferrous.

1. INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de este trabajo es incentivar la creación de negocios que se dediquen al procesamiento y reciclaje de escoria de metales no ferrosos como lo son el aluminio y el bronce, convirtiendo dicho proceso en una alternativa de negocio viable, al ofrecer un servicio a las empresas del sector que no cuentan con los recursos necesarios para manejar estos residuos peligrosos.

Para lograr este objetivo, se contactaron 40 empresas representativas del sector metalmeccánico, mediante encuestas directas, lo que permitirá establecer las necesidades frente al tema del reciclaje, la cantidad de

SERGIO AUGUSTO FERNÁNDEZ HENAO

Ingeniero Industrial, M. Sc.
Profesor Asistente
Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad Tecnológica de Pereira
sfernandez@utp.edu.co

LEONEL ARIAS MONTOYA

Ingeniero Industrial, M. Sc.
Profesor Asociado
Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad Tecnológica de Pereira
leoarias@utp.edu.co

LILIANA MARGARITA PORTILLA DE ARIAS

Administradora Financiera, M. Sc.
Profesor Asistente
Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad Tecnológica de Pereira
lilipor@utp.edu.co

producción tanto de aluminio y bronce como escoria o desperdicio de los mismos generados dentro de su proceso productivo, los competidores y clientes potenciales para los productos y servicios que la empresa desea comercializar.

De la mano de la modernización, se percibe el alto nivel de contaminación y la destrucción del medio ambiente, causadas principalmente por la falta de conciencia y por el desconocimiento de las alternativas para conservar los recursos naturales, por esto debemos asumir responsabilidades concretas frente a los problemas que afectan a cada comunidad. El desequilibrio ecológico puede remediarse, si desde ya se implementan

Fecha Recepción: 9 de Septiembre de 2010

Fecha aceptación: 15 de Noviembre de 2010

actividades de educación, protección y recuperación; el reciclado de un material es la única alternativa que existe para dañar lo menos posible el medio ambiente y no vernos rodeados de montones de chatarra y residuos.

Los materiales no ferrosos como el aluminio y el bronce son 100% reciclables, es así como el refundido del aluminio por ejemplo, requiere sólo un 5% de la energía necesaria para producir el metal primario inicial. La fundición de aluminio secundario implica su producción a partir de productos usados de dicho metal, los que son procesados para recuperar metales por pretratamiento, fundición y refinado.

2. EL ALUMINIO A TRAVÉS DEL TIEMPO

Cuando el aluminio¹ fue descubierto se encontró que era extremadamente difícil su separación de las rocas de las que formaba parte, por lo que durante un tiempo fue considerado un metal precioso, más caro que el oro. A mitad del siglo XIX, se obtuvieron en Francia pequeñas cantidades de aluminio por reducción de cloruro aluminico-sódico con sodio, procedimiento desarrollado por Saint-Claire Deville basándose en los trabajos de Oersted y Wöhler. Se exhibieron barras de aluminio junto con las joyas de la corona de Francia en la Exposición Universal de 1855 y se dijo que Napoleón III había encargado un juego de platos de aluminio para sus más ilustres invitados.

En 1882 el aluminio era considerado un metal de asombrosa rareza del que se producían en todo el mundo menos de 2 toneladas anuales. En 1884 se seleccionó el aluminio como material para realizar el vértice del Monumento a Washington, en una época en que la onza (30 gramos) costaba el equivalente al sueldo diario de los obreros que intervenían en el proyecto; tenía el mismo valor que la plata.

Sin embargo, con las mejoras de los procesos los precios bajaron continuamente hasta colapsarse en 1889 tras descubrirse un método sencillo de extracción del metal aluminio. La invención de la dinamo por Siemens en 1866 proporcionó la técnica adecuada para producir la electrólisis del aluminio. La invención del proceso Hall-Héroult² en 1886 (patentado independientemente por Héroult en Francia y Hall en EE.UU.) abarató el proceso de extracción del aluminio a partir del mineral, lo que permitió, junto con el proceso Bayer (inventado al año siguiente, y que permite la obtención de óxido de aluminio puro a partir de la bauxita), que se extendiera su uso hasta hacerse común en multitud de aplicaciones. Sus aplicaciones industriales son relativamente recientes, produciéndose a escala industrial desde finales del siglo

XIX. Ello permitió que el aluminio pasara a ser un metal común y familiar. Para 1895 su uso como material de construcción estaba tan extendido que había llegado a Sídney, Australia, donde se utilizó en la cúpula del Edificio de la Secretaría.

La producción mundial alcanzó las 6.700 toneladas hacia 1900, 700.000 en 1939 y en 1943 llegó a los dos millones debido al impulso de la II Guerra Mundial. Desde entonces la producción se ha disparado hasta superar la de todos los demás metales no féreos.

Actualmente el proceso ordinario de obtención del metal consta de dos etapas, la obtención de alúmina por el proceso Bayer a partir de la bauxita, y posterior electrólisis del óxido para obtener el aluminio.

La recuperación del metal a partir de la chatarra, material viejo o deshecho (reciclado) era una práctica conocida desde principios del siglo XX. Sin embargo, es a partir de los años 1960 cuando se generaliza, más por razones medioambientales que estrictamente económicas, ya que el reciclaje consume el 5% de lo que consume la producción metalúrgica a partir del mineral.

2.1. Metales no ferrosos³

Por lo regular tienen menor resistencia a la tensión y dureza que los metales ferrosos, sin embargo su resistencia a la corrosión es superior. Su costo es alto en comparación a los materiales ferrosos pero con el aumento de su demanda y las nuevas técnicas de extracción y refinamiento se han logrado abatir considerablemente los costos, con lo que su competitividad ha crecido notablemente en los últimos años.

Los principales metales no ferrosos utilizados en la manufactura son:

Aluminio, Cobre, Magnesio, Níquel, Plomo, Titanio y Zinc

Los metales no ferrosos son utilizados en la manufactura como elementos complementarios de los metales ferrosos, también son muy útiles como materiales puros o aleados, los que por sus propiedades físicas y de ingeniería cubren determinadas exigencias o condiciones de trabajo, por ejemplo el bronce (cobre, plomo, estaño) y el latón (cobre zinc).

2.2. Escoria⁴

Las escorias son un subproducto de la fundición de la mina para purificar los metales. Se pueden considerar

¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Aluminio>

² El proceso Hall-héroult es el principal proceso de obtención del aluminio

³ http://www.aprendizaje.com.mx/Curso/Proceso1/Temario1_II.html

⁴ <http://es.wikipedia.org/wiki/Escoria>

como una mezcla de óxidos metálicos; sin embargo, pueden contener sulfuros de metal y átomos de metal en forma de elemento. Aunque la escoria suele utilizarse como un mecanismo de eliminación de residuos en la fundición del metal, también pueden servir para otros propósitos, como ayudar en el control de la temperatura durante la fundición y minimizar la reoxidación del metal líquido final antes de pasar al molde.

En la naturaleza, los minerales como el hierro, el bronce, el aluminio y otros metales se encuentran en estados impuros, a menudo oxidados y mezclados con silicatos de otros metales. Durante la fundición, cuando la mena está expuesta a altas temperaturas, estas impurezas se separan del metal fundido y se pueden retirar. La colección de compuestos que se retira es la escoria.

Los procesos de fundición ferrosos y no ferrosos producen distintas escorias. Por ejemplo, la fundición del bronce y el plomo, no ferrosa, está diseñada para eliminar el hierro y la sílice que suelen darse en estos minerales, y se separa en forma de escoria basada en silicato de hierro. Por otro lado, la escoria de las acerías, en las que se produce una fundición ferrosa, se diseña para minimizar la pérdida de hierro y por tanto contiene principalmente calcio, magnesio y aluminio.

La escoria tiene muchos usos comerciales y raramente se desecha. A menudo se vuelve a procesar para separar algún otro metal que contenga. Los restos de esta recuperación se pueden utilizar como balasto para el ferrocarril y como fertilizante. Se ha utilizado como metal para pavimentación y como una forma barata y duradera de fortalecer las paredes inclinadas de los rompeolas para frenar el movimiento de las olas.

A menudo se utiliza escoria granular de alto horno en combinación con el mortero de cemento pórtland⁵ como parte de una mezcla de cemento. Este tipo de escoria reacciona con el agua para producir propiedades cementosas. El mortero que contiene escoria granular de alto horno desarrolla una gran resistencia durante largo tiempo, ofreciendo una menor permeabilidad y mayor durabilidad. Como también se reduce la unidad de volumen de cemento pórtland, el mortero es menos vulnerable al álcali-sílice y al ataque de sulfato.

2.2.1. Escoria de aluminio⁶

Las escorias son un subproducto indeseable en todos los procesos que involucran el aluminio y el bronce fundido y dependiendo de las condiciones de trabajo, representa entre el 2 y el 10% del peso del metal colado.

Están constituidas principalmente por la capa oxidada que se forma sobre la superficie del metal fundido y por un porcentaje variable en el caso del aluminio (30-60%) atrapado mecánicamente.

3. METODOLOGÍAS DE PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

La Producción Más Limpia⁷ es, según el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, a los productos y a los servicios para aumentar la eficiencia total y reducir los riesgos a los seres humanos y al ambiente. Esta se puede aplicar a los procesos usados en cualquier industria, a los productos mismos y a los distintos servicios que proporciona la sociedad.

Para los procesos de producción, la producción más limpia resulta a partir de una o la combinación de: conservación de materias primas, agua y energía; eliminación de las materias primas tóxicas y peligrosas; y reducción de la cantidad y la toxicidad de todas las emisiones y desperdicios en la fuente durante el proceso de producción, en los productos apunta a la reducción de los impactos ambientales, en la salud y en la seguridad de los productos durante el total de su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas, a través de la fabricación y el uso, hasta disposición "última" del producto y para los servicios implica la incorporación de las preocupaciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios.

La PML (Producción Más Limpia) describe un acercamiento preventivo a la gestión ambiental, no es ni una definición legal ni científica que se pueda diseccionar, analizar o someter a disputas teóricas es un amplio término que abarca lo que algunos países o instituciones llaman ecoeficiencia, minimización de residuos, prevención de la contaminación, o productividad verde, aunque también incluye algo extra. Se refiere a la mentalidad de cómo los bienes y servicios deben ser producidos con las mínimas bajo los actuales límites tecnológicos y económicos esta no niega el crecimiento, insiste simplemente en que este crecimiento sea ecológicamente sostenible y tampoco debe ser considerada solamente como una estrategia ambiental, ya que también está relacionada con las consideraciones económicas. En este contexto, los residuos son considerados como "productos" con valor económico negativo cada acción que se realice con el fin

⁵ El cemento portland es un conglomerante hidráulico que cuando se mezcla con áridos y agua tiene la propiedad de conformar una masa pétreo resistente y duradera denominada hormigón. Es el más usual en la construcción. Tomado de es.wikipedia.org/wiki/Cemento_portland

⁶ www.wikipedia.org/escoria_aluminio

⁷ www.cnplm.org/html/que_es_pml.asp

de reducir el consumo de materias primas y energía, y para prevenir o reducir la generación de residuos, puede aumentar la productividad y traer ventajas financieras a la empresa.

Finalmente ella es una estrategia de “gana-gana” que protege el medioambiente, el consumidor y el trabajador mientras que mejora la eficiencia industrial, los beneficios y la competitividad. La diferencia clave entre el Control de la Contaminación y la Producción Más Limpia está basada en el tiempo pues el control de la contaminación es un acercamiento después del evento, “reaccionar y tratar” y la Producción Más Limpia es una filosofía de mirar hacia adelante, “anticipar y prevenir”. En conclusión producir limpio es reducir el volumen de residuos que se generan, ahorrar recursos, materias primas y costos de tratamiento; modernizar la estructura productiva, innovar en tecnología y mejorar la competitividad de las empresas.

Existen 6 fases metodológicas para la producción más limpia agrupadas de la siguiente manera (figura 1.):

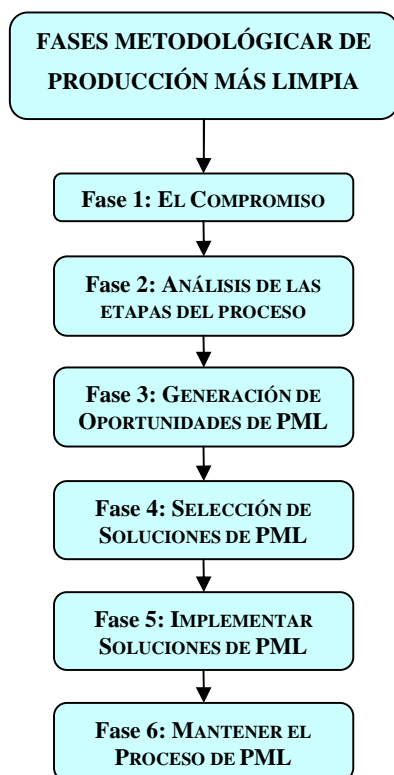


Figura 1. Fases de PML

La fase 1 es el compromiso

1. Designar un equipo.
2. Hacer una lista de las operaciones prioritarias.
3. Identificar las operaciones generadoras de residuos.

La fase 2 es el análisis de las etapas del proceso

4. Preparar el diagrama de flujo del proceso.
5. Realizar un balance de masa y energía.
6. Asignar costos a las corrientes residuales.
7. Revisar el proceso e identificar el origen de los desechos.

La fase 3 es la generación de oportunidades de PML

8. Generar opciones de minimización de residuos.
9. Seleccionar opciones viables.

La fase 4 es seleccionar soluciones de PML

10. Evaluar viabilidad técnica.
11. Evaluar viabilidad financiera.
12. Evaluar los aspectos ambientales.
13. Seleccionar soluciones para la implementación.

La fase 5 es implementar soluciones de PML

14. Preparar la implementación.
15. Implementar soluciones de minimización de residuos.
16. Monitorear y evaluar resultados.

Por último la fase 6 es mantener el proceso de PML

17. Mantener soluciones de minimización.
18. Identificar nuevos procesos para la minimización de residuos.

4. RECICLAJE DE ESCORIAS SALINAS⁸

Las escorias salinas son un residuo tóxico peligroso procedente del proceso de reciclaje de los residuos de aluminio. La recuperación de las escorias salinas es la alternativa al vertido y tiene como objeto separar el aluminio metálico, la sal y el óxido de aluminio para poder reutilizar todos los componentes. Esta actividad, junto con el reciclaje de residuos de aluminio permite cerrar totalmente el ciclo de reciclaje y aprovechamiento integral de los residuos con contenido de aluminio.

A medida que los requisitos medioambientales se vuelven más exigentes, son necesarias instalaciones industriales capaces de resolver de forma definitiva el problema de la gestión de residuos.

Las escorias salinas de la producción secundaria del aluminio se generan cuando se usan mezclas de cloruro de sodio y de potasio para cubrir el material fundido, prevenir la oxidación, incrementar el rendimiento y aumentar la eficiencia térmica en hornos rotativos.

⁸<http://www.befesa.com/corp/web/resources/pdf/>

Dependiendo de la mezcla de materia prima y del tipo de horno rotativo utilizado, la cantidad de escorias salinas producidas por tonelada de aluminio secundario es muy variable, también depende de la pureza de la materia prima y de la cantidad de sales fundentes necesarias. Estas escorias salinas son residuos peligrosos y no pueden ser vertidas directamente debido a su alta reactividad con el agua, a que se emiten gases y al peligro de que las sustancias tóxicas se lixivien, por lo que tienen que ser tratadas.

El proceso de recuperación de escorias salinas permite además la recuperación de los polvos de molienda de escorias de aluminio y procedentes de la fusión del aluminio. La separación del metal del fundente se realiza por trituración selectiva y tamizado.

Las diferentes fracciones metálicas que se separan son enviadas de nuevo a la fundición secundaria de aluminio. La otra fracción, que consiste en sales y óxidos, se procesa en la fase húmeda, aquí se inertiza el residuo, se recogen los gases, que son tratados adecuadamente y se separan los sólidos insolubles de la salmuera.

Los sólidos insolubles se lavan y, gracias a su alto contenido en aluminio puede ser utilizado en las siguientes aplicaciones:

- Obras civiles (materia prima en la fabricación del cemento; relleno inerte en construcciones, pavimentos, etc.; producción de fibras aislantes; componentes de morteros).
- Industrias de la cerámica (sustitución de arcillas; refractarios y aislantes; vidrios, abrasivos y pastas de pulir).
- Industria química (producción de hidrato, alúmina y sales de aluminio; carga inerte en fertilizantes; mortero de resinas epoxi; carga inerte en polímeros).
- Industria metalúrgica (mezclas sintéticas para siderurgia; productos exotérmicos, aislantes, etc.; refractarios)
- Agricultura (suelos artificiales; fertilizantes).

La sal contenida en la salmuera es cristalizada y utilizada nuevamente como fundente en la industria secundaria del aluminio. No obstante, al tratarse de un producto comercial, puede utilizarse en cualquier aplicación habitual de la sal (curtidos, limpieza de vías públicas, etc).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La escoria del aluminio es un producto subutilizado por las empresas pertenecientes al sector metalmeccánico debido a que se desconoce sobre el aprovechamiento y los beneficios que se pueden obtener de él al ser reprocesado.

Algunas empresas tienen como actividad principal la transformación de la materia prima (aluminio) para elaboración de cualquier tipo de pieza y otras son empresas que se dedican a la fundición del aluminio obtenido del reciclaje de latas o empaques, pero son casi nulas las empresas que se dedican a reprocesar las escorias del aluminio como actividad principal.

De acuerdo a los resultados obtenidos se ve viable y necesario la posibilidad de crear una empresa recicladora, dedicada exclusivamente y como actividad principal al reprocesamiento de metales no ferrosos para la obtención de lingotes de aluminio como producto terminado.

Se analizó el mercado objeto de estudio mediante un trabajo de campo que permitió determinar por medio de la encuesta que se les aplicó a los 40 productores y consumidores de aluminio para la obtención de datos precisos por medio de información de primera mano. Todos estos datos fueron tabulados y graficados para tener una idea más aterrizada del actual estado del sector metalmeccánico.

De la información recolectada se concluyó que la mayoría de las empresas generan escorias y que son para muchas de ellas residuos no deseables ya que ocupan mucho espacio dentro de la planta física y a las cuales no se les da un uso óptimo, por tanto la única disposición final que les dan es venderlas o cederla a un tercero.

Se concluyó que es un deseo común de las empresas del sector metalmeccánico, la creación de una empresa que reprocese estas escorias ya que se está desperdiciando materia prima importante para obtener otros productos y para ayudar a mitigar el impacto ambiental negativo que generan estas escorias al no ser reprocesadas.

Mediante los estudios de mercados realizados previamente, por medio de consultorías externas y consultas bibliográficas se determinaron los recursos físicos, humanos, tecnológicos y económicos para llevar a cabo la puesta en marcha del proyecto. La selección de dichos recursos tiene énfasis en la elección de tecnologías más limpias dentro de los procesos productivos.

Para la implementación de tecnologías de producción más limpia se requieren de hornos especiales para la fundición de metales no ferrosos que trabajen con gas y no con aceites para poder contribuir con la disminución del impacto negativo generado por la emisión de humos que estos producen, además se logró determinar que por medio de estas prácticas y siguiendo un plan de residuos de generadores Respel se ayuda a mantener controlado y a minimizar estos desechos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Diagnóstico del nivel tecnológico de fundiciones (Región Metropolitana), Proyecto de fomento del sector. SERCOTEC, Junio 1992.
- [2] Diagnóstico tecnológico de fundiciones y talleres de mecanizado. CORFO, 1989.
- [3] Guía para el control de la contaminación industrial Rubro Fundiciones, Marzo 1998.
- [4] Mejores técnicas disponibles y medio ambiente en la industria primaria de los metales no féreos. Ministerio de obras públicas, transportes y medio ambiente, Dirección general de política ambiental. España 1996.
- [5] Taller de planificación "La gestión ambiental en las fundiciones". Peter Hauschnik, Lahmeyer, Universidad de Antioquía - PROPEL Colombia, Octubre 1996.
- [6] Concepto del Manejo de Residuos Peligrosos e Industriales para el Giro de la Fundición. Comisión Metropolitana Ambiental, México, 1996.
- [7] Proyecto de directrices técnicas para el reciclado/regeneración ambientalmente racional de metales y compuestos metálicos (R4), Convenio de Basilea, Agosto 2004. www.basel.int
- [8] Proyecto de directrices sobre mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales en relación con el artículo 5 y el anexo C (del Convenio de Estocolmo), Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, enero 2005. www.basel.int
- [9] Pagina web Cámara de Comercio de Pereira, www.camarapereira.org.co
- [10] Página Web Wikipedia, www.es.wikipedia.org/wiki/Aluminio
- [11] Página Web Quiminet, www.quiminet.com
- [12] Página Web Ribafarre, www.ribafarre.com
- [13] Página Web Universidad Tecnológica de Pereira, www.utp.edu.co
- [14] ALUCASA (2000) "Planes Estratégicos 1.999/2.000". Guacara: ALUCASA
- [15] LUDEVIC, Manuel (1.998) "El Cambio Global en el Medio Ambiente: introducción a las causas humanas" México. Alfaomega.
- [16] <http://turnkey.taiwantrade.com.tw/showpage.asp?subid=132&fdname=IRON+AND+STEEL&pagename=Planta+de+fundicion>
- [17] HERNANDEZ, Sampieri Roberto y otros. Metodología de la investigación. McGraw-Hill. México, 1999.
- [18] España. Ministerio de obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. Mejoras Técnicas Disponibles y Medio Ambiente en la Industria Primaria de Metales no Ferrosos. 1996. P 4-25.