OBTENCIÓN DE SILICIO METALÚRGICO A PARTIR DE MEZCLAS DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y ARENA SILICEA

A. Forero[1], L. A. Medrano[1]*, S. Díaz[1]**

- ✓ Este artículo forma parte del "Volumen Suplemento" **S1** de *la Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales* (*RLMM*). Los suplementos de la RLMM son números especiales de la revista dedicados a publicar memorias de congresos.
- ✓ Este suplemento constituye las memorias del congreso "*X Iberoamericano de Metalurgia y Materiales (X IBEROMET)*" celebrado en Cartagena, Colombia, del 13 al 17 de Octubre de 2008.
- ✓ La selección y arbitraje de los trabajos que aparecen en este suplemento fue responsabilidad del Comité Organizador del *X IBEROMET*, quien nombró una comisión *ad-hoc* para este fin (véase editorial de este suplemento).
- ✓ La *RLMM* no sometió estos artículos al proceso regular de arbitraje que utiliza la revista para los números regulares de la misma.
- ✓ Se recomendó el uso de las "Instrucciones para Autores" establecidas por la *RLMM* para la elaboración de los artículos. No obstante, la revisión principal del formato de los artículos que aparecen en este suplemento fue responsabilidad del Comité Organizador del *X IBEROMET*.

Suplemento de la Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales 2009; **S1** (3): 1349-1352

OBTENCIÓN DE SILICIO METALÚRGICO A PARTIR DE MEZCLAS DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y ARENA SILICEA

A. Forero[1], L. A. Medrano[1]*, S. Díaz[1]**

1 Grupo de Investigación en Materiales Siderúrgicos. UPTC -Tunja –Boyacá- Colombia

** e-mail: alher31@hotmail.com, amedrano2001@hotmail.com, sancodibe@gmail.com*

Trabajos presentados en el X CONGRESO IBEROAMERICANO DE METALURGIA Y MATERIALES IBEROMET
Cartagena de Indias (Colombia), 13 al 17 de Octubre de 2008

Selección de trabajos a cargo de los organizadores del evento

Publicado On-Line el 29-Jul-2009
Disponible en: *www.polimeros.labb.usb.ve/RLMM/home.html*

Resumen

La cascarilla de arroz es un desecho agro-industrial que se produce en altos volúmenes en zonas donde se siembra y se procesa arroz, por su contenido de sílice este desecho se puede utilizar para la obtención de silicio metalúrgico. La utilización de la cascarilla de arroz usada para la obtención de silicio, adicionalmente de ser una innovación en el proceso industrial de la producción de otros compuestos de silicio, se convierte en un factor de valor agregado para los agricultores arroceros en la actualidad y a la vez soluciona el problema ambiental que causa la cascarilla. El objetivo principal de este proyecto es el montaje y puesta en marcha de un método de producción de silicio metalúrgico al 98 %, utilizando la sílice que contiene la cascarilla de arroz y arena silicea lavada.

Palabras Claves: Cascarilla de arroz, arena silicea, silicio metalúrgico.

Abstract

The rice husk is an agro-industrial waste is produced in high volumes in areas where it is planted and processed rice, for contain in silicon this waste can be used for obtaining metallurgic silicone. The use of rice husk, besides being an innovation in the industrial process of producing silicon, it becomes a factor of added value for rice farmers at present and at the same time solve the environmental problem caused by husk. The main objective of this project is assembling and launching of a method for producing silicon metal to 98%, using silica that contains rice husk and sand silicon washed.

***Keywords**: rice husk, sand silicon, silicon metal.*

1. INTRODUCCION

Las espigas de arroz generalmente están constituidas por cuatro componentes principales: el germen, la parte mas rica en nutrientes, ácidos grasos, aminoácidos y enzimas, y se constituye en la parte germinal que da lugar al crecimiento del grano, el endospermo, que representa alrededor del 70% del volumen del grano y constituye al final del proceso el producto denominado arroz blanco, la cutícula o polvillo que alcanza un 6,8% en volumen en el grano de arroz, utilizado como alimento para animales por su alto contenido de grasas, la cáscara o pajilla que constituye aproximadamente el 20% en peso del grano y que es separado en el proceso de pilado formándose verdaderas montañas de cascarilla al costado de los molinos, lo que ocasiona problemas de espacio por la acumulación de este desecho. Normalmente, la cascarilla se incinera para reducir su volumen generando humos y productos contaminantes. Como combustible genera calor, debido a su valor calorífico y la ceniza resultante contiene un porcentaje en sílice alrededor del 90%, lo que la hace una potencial fuente de sílice. Las principales impurezas que contiene esta sílice son: calcio, potasio, magnesio y manganeso, y como secundarias hierro, aluminio, boro y fósforo, para obtener sílice de alta pureza es necesario eliminar estas impurezas. [1].

2. SILICIO

El dióxido de silicio (SiO_2) es un compuesto de silicio y oxígeno, llamado comúnmente sílice. Es uno de los componentes principales de la arena. Una de las formas en que aparece naturalmente es el cuarzo. Este compuesto ordenado espacialmente en una red tridimensional (cristalizado), forma el cuarzo y todas sus variedades. Si se encuentra en estado amorfo constituye el ópalo y suele incluir un

porcentaje del 4-9 % de agua. El dióxido de silicio se usa, entre otras cosas, para la fabricación de vidrio, cerámicas y cemento. El dióxido de silicio es un desecante, esto significa que absorbe la humedad del lugar en que se encuentra. [2]

El silicio metalúrgico se obtiene a partir de sílice de alta pureza reduciendo en hornos de arco eléctrico con electrodos a temperaturas superiores a 2000 ° C:

$$SiO_2 + C \rightarrow Si + CO_2 \quad (1)$$

Hay varias razones por las que el proceso es mucho más complicado de lo que se sugiere en la ecuación (1), pero la razón principal es la alta estabilidad de dióxido de silicio.

El proceso de obtención del silicio es complicado en el sentido de que se obtiene de muchos sub.-procesos. Esto se debe a los requisitos de transformación en la producción de silicio. Los principales puntos importantes en el proceso de producción de silicio son los siguientes:

- La producción de silicio requiere de una operación a muy alta temperatura (>1811 °C) y grandes cantidades de energía.
- Durante la operación, los compuestos en estado sólido se convierten en líquido con una gran producción de gas de proceso.
- El proceso incluye el SiO-gas, que es muy inestable y reacciona vigorosamente con el oxígeno. Hoy todos los procesos se basan en la combustión de los gases de proceso en la parte superior del horno. Sin embargo, este proceso de quemado puede no ser óptimo desde una perspectiva ambiental.

• El único agente conocido de reducción es el carbono, que está con frecuencia en forma de coque y carbón.

• La única adición de energía al proceso es la energía eléctrica a través de electrodos.

Además de los principales elementos Si, C y O que participan en la reacción (1), hay elementos adicionales en pequeñas cantidades que entran en el proceso como impurezas en las materias primas y el electrodo. Este trabajo describe la aparición de algunos de estos elementos y su distribución en el proceso de producción. [3]

La Figura 1 muestra la parte principal de una moderna planta de silicio. Muestra también los silos de materia prima, el sistema de electrodos, el sistema de recuperación de energía, los filtros y el sistema de manipulación de metales. [3]

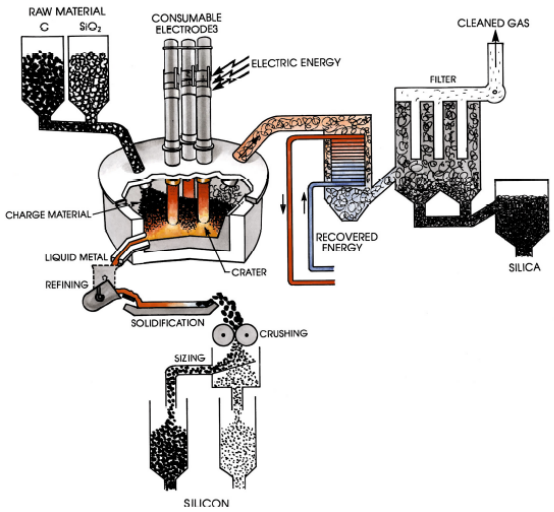


Figura 1. Principios de una planta moderna de silicio.

El corazón de esta planta es un horno eléctrico de reducción. Se compone de una cuba que está llena hasta el borde, cargado con sus materias primas que por gravedad descienden de los silos a través de unos tubos a la cuba como se muestra. La energía necesaria para la fusión se entrega por medio de 3 fases a través de tres electrodos en posición vertical y sumergidos dentro de la mezcla cargada.[3]

El 90- 95% de la energía suministrada se disipa en forma de calor en las cavidades llenas de gas que rodean el extremo de los electrodos, dando una temperatura en la cavidad alrededor de 2000 ° C. [3]

El silicio líquido se acumula en el fondo del horno de donde se extrae y se enfría. El silicio producido por este proceso se denomina *metalúrgico* y tiene una pureza del 98%. Para la construcción de dispositivos semiconductores, es necesario purificarlo aun más hasta obtener *silicio ultra puro*, por métodos físicos o químicos.

Los métodos físicos de purificación del silicio metalúrgico se basan en la mayor solubilidad de las impurezas en el silicio líquido, de forma que estas se concentran en las últimas zonas solidificadas. El primer método usado para construir componentes de radar durante la Segunda Guerra Mundial, consiste en moler el silicio de forma que las impurezas se acumulen en las superficies de los granos de silicio;

disolviendo éstos parcialmente con ácido se obtenía un polvo más puro. La fusión por zonas, el primer método usado a escala industrial, consiste en fundir un extremo de la barra de silicio y trasladar lentamente el foco de calor a lo largo de la barra de modo que el silicio va solidificando con una pureza mayor al trasladar a la zona fundida gran parte de las impurezas. El proceso puede repetirse las veces que sea necesario hasta lograr la pureza deseada bastando entonces cortar el extremo final en el que se han acumulado las impurezas. [4]

3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El procedimiento experimental se llevó a cabo teniendo en cuenta la siguiente metodología:

a. Deshidratación de la cascarilla a 150° C.
b. Calcinación: La cascarilla se calcinó a 600° C
c. Análisis químico de las cenizas: El producto obtenido de la calcinación será analizado químicamente (FRX, gravimetría), con el fin de determinar la cantidad de sílice presente en la muestra.
d. Análisis químico de la arena lavada: Se hizó análisis químico de la arena con el fin de determinar porcentaje de sílice presente en la muestra.
e. Mezcla de las muestras: Se mezclaron la ceniza obtenida de la cascarilla de arroz y la arena lavada en diferentes proporciones.
f. Montaje del experimento: Se llevó a cabo el montaje del experimento con un horno electrico de arco con un electrodo de grafito para la fusión de la mezcla de arena de roca y cenizas de cascarilla de arroz.
g. Análisis químico del silicio y la escoria por diferentes medios (Absorción atómica, gravimetría, MEB)

4. RESULTADOS

4.1 Resultados Preliminares

Se construyó el horno eléctrico de arco de un electrodo donde se realizaron pruebas preliminares con diferentes mezclas.



Figura 2. Montaje del horno de fusión



Figura 3. Pruebas de fusión

Se han realizado las correspondientes pruebas de fusión de arena silicea mezclada con carbón, cenizas de cascarilla de arroz con carbón obteniendo la siguiente composición química por fluorescencia de rayos X de cada una así:

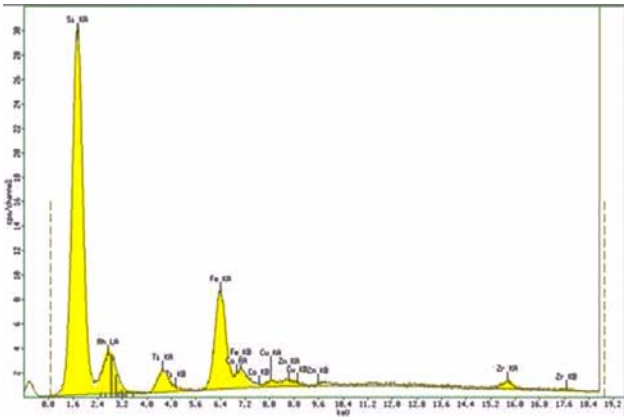


Figura 4. Espectro de FRX. Composición en porcentaje de elementos para muestra obtenida a partir de cenizas de cascarilla de arroz

Tabla 1. Porcentaje de concentración de elementos de la cascarilla de arroz obtenida por FRX.

Compuestos	Concentración en %
Si	75.0
Ca	0.42
Ti	0.62
Fe	12.4
Co	0.14
Zr	0.16
Au	9.4
Ag	1.9

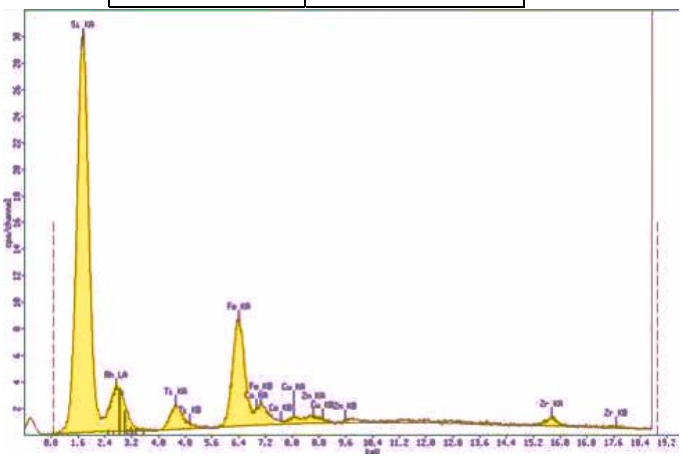


Figura 5. Espectro de FRX. Composición en porcentaje de elementos para muestra metálica a partir de arena silicea.

Tabla 2. Porcentaje de concentración elemental de la muestra metálica

Compuestos	Concentración en %
Si	84.7
Ti	0.56
Fe	1.69
Co	0.049
Cu	0.034
Zn	0.01
Zr	0.12
Au	6.7
Pd	5.8
Ba	0.2
Hf	0.04
W	0.070

En las figuras 4 y 5 se observa la cantidad de elementos presentes en las muestras obtenidas a partir de cenizas de cascarilla de arroz y arena silicea, se utilizó carbón como agente reductor.

4.2 Resultados Esperados

Aunque no se obtuvo el porcentaje de silicio esperado, con pruebas adicionales se espera obtener silicio metalúrgico con un porcentaje del 98%, observando los resultados anteriores debe mejorarse el proceso de fusión para la obtención de una muestra metálica con un mayor contenido de silicio.

5. CONCLUSIONES

El producto obtenido a partir de cascarilla de arroz mostró un comportamiento muy volátil, por lo que se determinó realizar mezclas con arena silicea, mientras que el producto obtenido a partir de arena silicea fue un material metálico con 85 % de silicio, el cual debe mejorarse, teniendo en cuenta tiempo de residencia de la arena en el crisol. Para darle continuidad a la investigación se tiene programadas otras pruebas donde inicialmente es necesario aumentar el tamaño del crisol verificando resultados con altas temperaturas cercanas a los 2000° C.

6. REFERENCIAS

[1] AHUMADA, L. M. y RODRIGUEZ, Páez, J. E. Uso del SiO_2 obtenido de la cascarilla de arroz en la síntesis de silicatos de calcio. Revista Academia Colombiana de la Ciencia Vol. 30 Número 117. Págs. 581-594. Diciembre de 2006.

[2]Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido_de_silicio"

[3] Henrik E. and Tveit H. Material Balances of Trace Elements in the Ferrosilicon and Silicon Processes. Department of Materials Technology and Electrochemistry. Faculty of Chemistry and Biology. Norwegian University of Science and Technology.

[4]http://es.wikipedia.org/wiki/Silicio#Abundancia_y_obtenci.C3.B3