

VIRUTA FOUNDATION AND ALUMINUM WASTE BY MICROWAVE IRRADIATION

FUNDICION DE VIRUTA Y DESECHOS DE ALUMINIO MEDIANTE IRRADIACION DE MICROONDAS

N Y Perez-Rangel¹, E Florez-Solano², and E Espinel-Blanco³.

1. Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña Colombia, Facultad de Ingenierías/Ingeniería Mecánica, Grupo de Investigación en Ingenierías Aplicadas Para La Innovación, Gestión Y Desarrollo (INGAP), Correo electrónico: nperezr@ufpso.edu.co.
2. Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña Colombia, Facultad de Ingenierías/Ingeniería Mecánica, Grupo de Investigación en Ingenierías Aplicadas Para La Innovación, Gestión Y Desarrollo (INGAP), Correo electrónico: enflorezs@ufpso.edu.co.
3. Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña Colombia, Facultad de Ingenierías/Ingeniería Mecánica, Grupo de Investigación en Tecnología y Desarrollo en Ingeniería (GITYD), Correo electrónico: eespinelb@ufpso.edu.co.

Abstract: In Colombia there is a demand for quantities of iron, steel and aluminum metal parts for different purposes, to do so requires the demand for large amounts of energy, leading to a high emission of pollutant gases, the need to start recycling and reuse as required. This is the case with aluminum, which use products such as soda cans and beers; In addition there are other wastes such as aluminum shavings that are generated from the machining processes. This project presents a new technique to transform the aluminum chip into aluminum blocks or sheets to be reused, from the recycling of aluminum chips and scrap produced mainly by machine tool workshops and machining centers, where they will be carried out pre-smelting processes and microwave irradiation will be used, all in order to make the fusion process in less time and obtain aluminum with better mechanical properties.

Keywords: Microwave oven, Aluminium chips, Refractory, Casting, Chemical treatment.

Resumen: En Colombia existe la demanda de cantidades de piezas metálicas de hierro, acero y aluminio para fines diferentes, hacerlas requiere la demanda de grandes cantidades de energía llevando consigo una alta emisión de gases contaminantes, se requiere la necesidad de empezar a reciclar y reutilizar como lo es el caso del aluminio, que utilizan productos como por ejemplo las latas de refresco y cervezas; además existen otros desechos como la viruta de aluminio que se genera de los procesos de mecanizado. En este proyecto se presenta una nueva técnica para transforma la viruta de aluminio en bloques o láminas de aluminio para ser reutilizado, a partir del reciclaje de viruta y desechos de aluminio producidos principalmente por talleres de máquinas herramientas y centros de mecanizado, en donde se realizaran procesos previos a la fundición y se empleará la irradiación por microondas, todo con el fin de hacer el proceso de fusión en menos tiempo y obtener aluminio con mejores propiedades mecánicas.

Palabras clave: Horno Microondas, Viruta de Aluminio, Refractario, Fundición, Tratamiento Químico.

1. INTRODUCCION

El proceso de fundición es un método directo que permite la creación de piezas empleando metal líquido, teniendo como ventaja la fabricación de

cualquier tipo de pieza sin delimitar aspectos como la forma, tamaño y la cantidad a producir (Radha Raman Mishra y Apurbba Kumar Sharma, 2016). Este proceso consiste en llevar el material a utilizar a su punto de fusión con la

finalidad de conseguir su estado líquido, el que posteriormente será vaciado en moldes o extruido de acuerdo a la aplicación para la se requiera la pieza a fabricar.

No se puede olvidar que el acomodo estructural es importante ya que de esta dependen las propiedades mecánicas que van a caracterizar la pieza producida, un factor en este proceso es la temperatura, dado que las condiciones anteriormente mencionadas están directamente relacionadas con este factor (N Y Perez-Rangel; E Florez-Solano; y Lina Marcela Hoyos-Palacio, 2019).

El aluminio es un material que por propiedades mecánicas como resistencia, tenacidad y su alta relación resistencia/peso está siendo muy demandado en el mercado actual (Daniel Brough y Hussam Jouhara, 2019), teniendo en cuenta el impacto ambiental que genera la producción de aluminio primario surge la necesidad de reciclar y contribuir con el medio ambiente, sabiendo que para producir un tonelada de aluminio primario hay que extraer 4 toneladas de bauxita que es el material del cual proviene el aluminio, el aluminio secundario proviene del reciclaje de aluminio que ya cumplió un ciclo o que es producto de procesos metalmeccánicos en forma de viruta, esta última en la mayoría de los casos termina en rellenos sanitarios sin una disposición final y contaminando. Otro aspecto importante a tener a consideración es el hecho que el consumo de energía y la producción de dióxido de carbono al ambiente es más baja cuando se produce aluminio secundario con respecto al aluminio primario.

La viruta de aluminio ha sido motivo de estudio por su difícil fusión entre las pequeñas partículas que la conforman, se han evaluado propiedades mecánicas y desgaste (Md Sumair et al, 2018), obteniéndose resultados favorables que dan la base para seguir trabajando en este sector y aportando en la conservación del medio ambiente Para obtener la fusión y fundición del aluminio encontramos diferentes procesos como lo es fundición por gravedad (T. Sathish y S. Karthick, 2019), fundición por agitación (Gowrishankar M C et al, 2020), extrusión directa (Ivan Todaro et al, 2019; Felix Kolpak et al, 2019; P. Ashwath et al, 2018) y extrusión por fricción (Mohamad El Mehtedi et al, 2019), que permiten obtener el aluminio en bloque, barras o láminas según su aplicación por ser preferido en sectores como transporte (camiones cisternas, vehículos militares, sistemas ferroviario, aviación), construcción (vigas, puentes livianos, placas blindadas).

En la actualidad va en crecimiento la técnica de utilizar la energía de microondas de 2,45 GHz como método para producir la temperatura necesaria capaz de fundir metales en hornos microondas convencionales, esto se deja ver en

artículos de revisiones como: Revisión paramétrica del procesamiento de materiales a base de microondas y sus aplicaciones (Praveen Kumar Loharkar et al, 2019) y Una revisión de la literatura sobre el tiempo de exposición de la soldadura por microondas de diferentes materiales (Sahil Nandwani et al, 2019), donde podemos ver los pasos para realizar la fundición de diferentes metales mediante las microondas. También se han hecho diferentes procesos con microondas (Heng Luo et al, 2019; Shashank Lingappa M et al, 2017; Shashank Lingappa M et al, 2018; Chirag Singhal et al, 2018; Rahul Samyal et al, 2019; Ziyi Wang et al, 2019) con resultados bastantes favorables entre ellos disminución de tiempos de fundición y mejoras en las propiedades mecánicas debido al poco tiempo empleado para este proceso.

Al detallar la literatura se puede ver que es posible fundir metales en hornos microondas, pero no se especifica las condiciones como debe hacerse la fundición, como por ejemplo detalles del crisol para fundir el metal, en el caso de la viruta de aluminio no hay información que demuestre su utilización en proceso mediante esta técnica, lo que hace que realizar este procesos tenga sus limitantes y abran el camino para nuevas investigaciones. El presente trabajo fue llevado a cabo con la finalidad de obtener fundiciones de aluminio a partir de viruta mediante horno microondas convencional, en cual se logra la fusión de la viruta de aluminio que posteriormente fue sometida a ensayos de dureza y metalografía para evaluar la condición final del aluminio fundido.

2. MATERIALES Y METODOS

Se va utilizar viruta de aluminio reciclada para hacer su transformación y obtener bloques compactos de aluminio que serán utilizados en procesos de maquinados; de esta manera se recicla y reutilizan los desechos producidos por talleres de maquina herramientas, aportando al medio ambiente disminuyendo la emisión de Dióxido de Carbono (CO₂) y reduciendo el gasto de energía eléctrica, provocando un aumento del rendimiento en el proceso de fusión de viruta de aluminio.

Teniendo en cuenta diferentes experiencias de laboratorios para lograr fusión de viruta de aluminio en horno microondas hay que tener presente la eliminación de una capa de contaminantes de alúmina que se forma sobre la superficie de las partículas de viruta producto de oxidación con el medio ambiente que debe ser removida a través de un pretratamiento químico a base de soda caustica, luego se procede a colocar la viruta de aluminio en un crisol de carburo de silicio que estará contenido herméticamente en ladrillo Refractario de alúmina, este sistema será

posteriormente colocado dentro del horno microondas.

Por último se retira la muestra del horno y se coloca en una prensa hidráulica la cual ejerce presión y solidifica el aluminio ya en punto de fusión como se puede ver en la Fig. 1; para culminar se verifica el estado del aluminio realizando pruebas de metalografía y dureza que nos revelan las propiedades mecánicas del material formado.



Fig. 1. Esquema del proceso de fundición de viruta de aluminio en horno microondas.

3. RESULTADOS

Luego de seguir paso a paso el esquema planteado anteriormente en la Fig. 1, en la Fig. 2 se muestra el proceso que se le realizó al aluminio desde su estado inicial en viruta hasta la muestra sólida, donde se puede ver la completa fusión de las partículas de viruta de aluminio y la compactación de la misma, lo que genera gran expectativa para trabajar a pasos agigantados en el sector de la fundición de metales a través del horno microondas, obteniendo así un rendimiento significativo en el tiempo de fusión y consumo energético, sabiendo que al implementar el horno microondas los tiempos para obtener aluminio fundido disminuyen en un 60% al igual que el consumo de energía demandado para el proceso, todo esto comparado con la fundición tradicional en horno mufla y horno de crisol.



Fig. 2. Esquema paso a paso que se realizó para la

fundición de viruta de aluminio en horno microondas.

Las muestras que se obtuvieron por fundición en horno microondas se pueden apreciar en la Fig. 3, donde se observa la unión de la viruta de aluminio que da paso a una pieza sólida de aluminio.

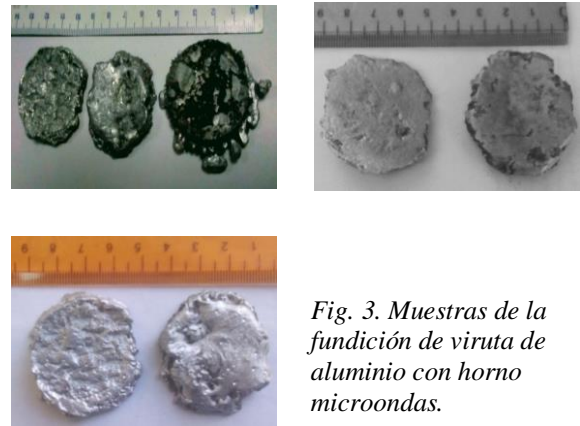


Fig. 3. Muestras de la fundición de viruta de aluminio con horno microondas.

El aluminio por sus buenas propiedades mecánicas, peso ligero y resistencia a la corrosión es implementado en muchos procesos industriales como el aeronáutico, construcción, entre otros. Lo que hace que el desarrollo de este proceso de fundición mediante irradiación de microondas genere un impacto positivo y permita el reciclaje de aluminio en todas sus formas.

3.1 Análisis metalográfico

Se realizó análisis metalográfico haciendo preparación de la muestra como lo indica la norma ASTM E112-13 (ASTM, 2014), obteniendo las imágenes metalográficas mediante un microscopio Optika B-157ALC (Fig. 4), en el cual se puede observar la microestructura del aluminio después del proceso de fundición. Microscópicamente se puede detallar la cohesión entre las partículas de viruta para dar paso a la formación de la muestra compacta, que puede ser utilizada en procesos industriales o comerciales.

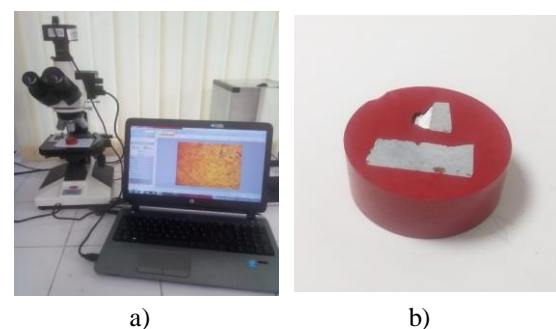


Fig. 4. Ensayo de metalografía: a) Microscopio metalográfico, b) probeta en resina ya pulida.

A continuación se muestran las imágenes metalográficas Fig. 5.

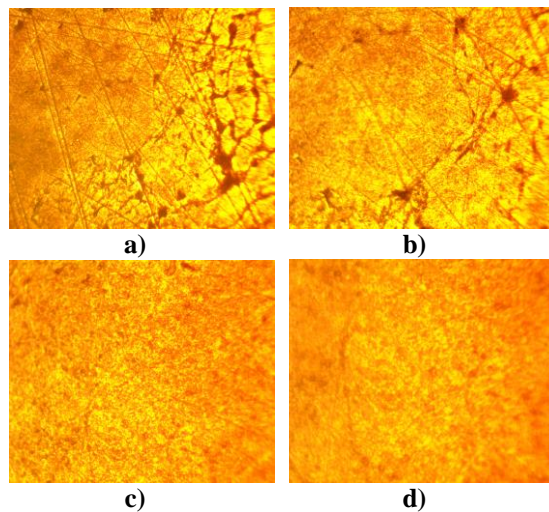


Fig. 5. Imágenes Metalográficas a diferentes zoom de acercamiento, a) 50x, b) 100x c) 400x, d) 600x.

3.2 Análisis de dureza

El análisis de dureza se realizó a través de un durómetro Mitutoyo HR-300, aplicando la norma ASTM E10-18 (ASTM, 2018) (Fig. 6), donde se evalúan las condiciones finales del producto obtenido, lo cual permite hacer un comparativo con las características de aluminio especificados en el mercado.



Fig. 6. Probetas de ensayo de dureza.

Los resultados del ensayo se muestran a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1: Resultados de ensayo de dureza (BRINELL HB).

| | Valor 1 | Valor 2 | Valor 3 | Valor 4 | Promedio |
|-----------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Muestra 1 | 46.7 | 52.8 | 49.2 | 46.5 | 48.8 |

| | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|
| Muestra 2 | 44.2 | 27.3 | 45.3 | 58.0 | 43.7 |
|-----------|------|------|------|------|------|

5. CONCLUSIONES

En esta investigación se puede concluir que la muestra fue realizada con viruta de aluminio reciclada y fundida mediante irradiación de horno microondas convencional de 2.45 GHz.

A través del ensayo de metalografía se puede ver la uniformidad de la fundición, lo que significa que las partículas pequeñas de virutas de aluminio llegaron a su punto de fusión y se produjo una muestra compacta. También se puede observar un promedio de la dureza que oscila entre los 43.7 y 48.8 dureza Brinell (HB), que comparados con la dureza de aluminio primario normalizado que oscila entre los 23.27 y 65 dureza Brinell (HB), podemos afirmar que está en los rangos estipulados para este material, lo que hace que sea un aluminio en condiciones para desempeñar cualquier función dentro del mercado comercial para el que sea requerido.

REFERENCIAS

American Society of Testing Materials (ASTM). (2014). *Standard Test Methods for Determining Average Grain Size*, U.S American Society of Testing Materials, USA.

American Society of Testing Materials (ASTM). (2018). *Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials*, U.S American Society of Testing Materials, USA.

Ashwath, P. Joel, J. Prashantha k, H. G. Anthony X, M. Goel, A. Nigam, T. Rathi, M. (2018). *Processing and characterization of extruded 2024 series of aluminum alloy*, Materials Today: Proceedings, India.

Brough, D. y Jouhara, H. (2019). *The Aluminium Industry: A Review on State-of-the-Art Technologies, Environmental Impacts and Possibilities for Waste Heat Recovery*, Environmental Impacts and Possibilities for Waste Heat Recovery, International Journal of Thermofluids, Reino Unido.

Gowrishankar, M. C. Pavan, H. Manjunath, S. Sathyashankara, S. Satish R, U. (2020). *Experimental validity on the casting characteristics of stir cast aluminium composites*, journal of materials research and technology, India.

Kolpak, F. Schulze, A. Dahnke, C. Erman T, A. (2019). *Predicting weld-quality in direct hot*

extrusion of aluminium chips, Journal of Materials Processing Tech, Alemania.

Kumar L, P. Ingle, A. Jhavar, S. (2019). *Parametric review of microwave-based materials processing and its applications*, journal of materials research an technology, India.

Luo, H. Zhang, X. Huang, S. Shan, D. Deng, L. He, L. He, J. Xu, Y. Chen, H. Liao, C. (2019). *Infrared emissivity and microwave transmission behavior of flaky aluminum functionalized pyramidal-frustum shaped periodic structure*, Infrared Physics & Technology, China.

Mehtedi, M. E. Forcellese, A. Mancia, T. Simoncini, M. Spigarelli, S. (2019). *A new sustainable direct solid state recycling of AA1090 aluminum alloy chips by means of friction stir back extrusion process*, Procedia CIRP, Italy.

Nandwani, S. Vardhan, S. Kumar B, A. (2019). *A literature review on the exposure time of microwave based welding of different materials*, Materials Today: Proceedings, India.

Perez R, N. Y. Florez S, E. Hoyos P, L. M. (2019). *Exploitation of chip and scrap aluminium for the development of aluminum sheets and bars*, Journal of Physics: Conference Series, Colombia.

Radha R, M. y Apurbba K, S. (2016). *On mechanism of in-situ microwave casting of aluminium alloy 7039 and cast microstructure*, Materials and Design, India.

Samyal, R. Kumar B, A. Bedi, R. (2019). *Microwave joining of similar/dissimilar metals and its characterizations: A review*, Materials Today: Proceedings, India.

Sathish, T. y Karthick, S. (2019). *Gravity Die Casting based analysis of aluminum alloy with AC4B Nano-composite*, Materials Today: Proceedings, India.

Shashank L, M. Srinath, M. S. Amarendra, H. J. (2017). *Melting of 60Sn40Pb alloy using microwave energy and its characterization*, Materials Today: Proceedings, India.

Shashank L, M. Srinath, M. S. Amarendra, H. J. (2018). *Microwaves: A source of energy for melting of bulk zinc*, Materials Today: Proceedings, India.

Singhal, C. Murtaza, Q. Parvej, . (2018). *Microwave Sintering of Advanced Composites*

Materials: A Review, Materials Today: Proceedings, India.

Sumair, M. Rahman, U. y Jayahari, L. (2018). *Study Of Mechanical Properties And Wear Behaviour Of Aluminium 6061 Matrix Composites Reinforced With Steel Machining Chips*, Materials Today: Proceedings, India.

Todaro, I. Squatrito, R. Essel, S. Zeidler, H. (2019). *High conductive aluminium metal matrix composites with carbon inserts obtained by casting processes*, Materials Today: Proceedings, India.

Wang, Z. He, Z. Wang, Z. Ning, M. (2019). *Utilization of magnetite as microwave absorber to prepare microwave-heatable aggregate for deicing in cementitious composite*, Construction and Building Materials, China.