

LA PIRÓLISIS COMO TÉCNICA DE TRATAMIENTO TÉRMICO EN LA RECUPERACIÓN Y/O RECICLAJE DE ALUMINIO.

EN EL PRESENTE ARTÍCULO SE PRESENTAN LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO A ESCALA DE PLANTA PILOTO PARA LA RECUPERACIÓN/RECICLADO DEL ALUMINIO CONTENIDO EN LOS RESIDUOS PROCEDENTES DE LA INDUSTRIA DE RECUPERADORAS DE PAPEL Y CARTÓN, CON VISTA A ANALIZAR LA FACTIBILIDAD DEL PROCESO EN CUANTO A: CALIDAD DEL ALUMINIO RECUPERADO, EL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA FASE GASEOSA GENERADA Y LOS SUBPRODUCTOS QUE SE PUEDEN OBTENER A PARTIR DE LA FRACCIÓN LÍQUIDA QUE SE GENERA EN LA ETAPA DE LIMPIEZA DEL GAS.

La recuperación y posterior reciclaje de los residuos es la mejor forma de velar por la protección de los recursos naturales y el medioambiente; además se logra en la mayoría de los casos la reinsertión a la cadena productiva del material recuperado, con los beneficios económicos que conlleva para aquel que realiza dicha actividad.

El aluminio contenido en diferentes envases, es un material de gran interés por las múltiples aplicaciones que tiene hoy en día. Más de cien fábricas de papel en todo el mundo reciclan envases de bebidas de cartón luego de ser utilizados por el consumidor. La figura 1 muestra otros materiales portadores de aluminio que se desechan por diferentes tipos de industria.



Figura 1. Tipos de residuos portadores de aluminio.
Figure 1. Types of waste that contain aluminium.

El proceso de reciclado del aluminio aporta, además, importantes beneficios medioambientales, económicos y sociales:

1. Al producir aluminio a partir de chatarra existe un ahorro del 95% de la energía si se compara con la producción a partir del mineral.
2. En el proceso de reciclado no cambian las características del material ya que se obtiene un producto con las mismas propiedades. Además, el aluminio puede reciclarse indefinidamente y sin disminuir la calidad del mismo.
3. El 100% del material puede ser reciclado.
4. El reciclado es un proceso rentable porque el aluminio es un metal valioso: por ejemplo, las latas de bebidas usadas recogidas alcanzan un alto valor en el mercado.
5. Reutilización indefinida: El aluminio recuperado, una vez seleccionado y prensado, se funde y con él se fabrican nuevos lingotes de aluminio que se utilizan para cualquier aplicación.

Desarrollo

En el presente artículo se presentan los resultados del estudio a escala de planta piloto para la recuperación/reciclado del aluminio

PYROLYSIS AS A THERMAL TREATMENT TECHNOLOGY FOR ALUMINIUM RECOVERY AND/OR RECYCLING.

THIS ARTICLE PRESENTS THE RESULTS OF A PILOT PLANT STUDY FOR THE RECOVERY/RECYCLING OF ALUMINIUM FROM WASTE PRODUCED IN THE PAPER AND BOARD INDUSTRY. THE AIM OF THE STUDY WAS TO ANALYSE THE FEASIBILITY OF THE PROCESS IN TERMS OF: QUALITY OF RECOVERED ALUMINIUM, THE ENERGY POTENTIAL OF THE GASEOUS PHASE GENERATED, AND THE BY-PRODUCTS OBTAINED FROM THE LIQUID FRACTION GENERATED DURING THE GAS CLEANING STAGE.

Recovery and subsequent recycling of waste is the best way to protect natural resources and the environment. Moreover, in most cases, the recovered material can be reinserted into the production chain, thereby profiting those engaged in the relevant activity.

The aluminium contained in different containers is of great interest due to the multiple potential applications it has. Over one hundred paper mills worldwide recycle used drinks cartons. Figure 1 shows other materials disposed of by different industries which provide a source of aluminium.

Moreover, the aluminium recycling process affords important environmental, economic and social benefits:

1. Producing aluminium from scrap metal saves 95% of the energy associated with producing aluminium from the mineral.
2. The characteristics of the material are not changed by the recycling process and a product with the same properties is obtained. Moreover, aluminium can be recycled indefinitely without loss of quality.
3. 100% of the material can be recycled.
4. The fact that aluminium is a valuable metal makes the recycling process cost-effective. For instance, used beverage cans have a high market value.
5. Indefinite reuse: The recovered aluminium is sorted, compacted and cast to enable the manufacture of new ingots that can be used for any application.

This article presents the results of a pilot plant study for the recovery/recycling of aluminium from waste produced in the paper and board industry. The aim was to analyse the feasibility of the process in terms of: quality of recovered aluminium, the energy potential of the gaseous phase generated, and the by-

Tabla 1. Características térmicas del residuo de tetrabrik procedente de la recuperación de papel de la industria papelera. | Tables. Thermal characteristics of tetrabrik waste from the paper industry recovery process.

Análisis inmediato Immediate analysis				
Contenido de humedad Moisture content	10 %			
Contenido en fibras Fibres content	18 % (+/- 5%)			
Contenido en aluminio Aluminium content	14 % (+/- 1%)			
Contenido de material plástico Plastic materials content	68 % (+/- 5%)			
Contenido en cenizas (dm) Ash content (dm)	3,5 %			
Análisis elemental Elemental analysis				
	%N	%C	%H	%S
	<0,1	46,93	7,70	0,06

contenido en los residuos procedentes de la industria de recuperadoras de papel y cartón, con vista a analizar la factibilidad del proceso en cuanto a: calidad del aluminio recuperado, el potencial energético de la fase gaseosa generada y los subproductos que se pueden obtener a partir de la fracción líquida que se genera en la etapa de limpieza del gas.

En la tabla 1 se presentan los análisis inmediatos y elementales de una muestra de este tipo de residuos, procedentes de una de las empresas recuperadoras de papel y cartón de Cataluña.

Como se observa en este tipo de residuo aparecen cantidades apreciable de fibras (papel), que aún no se ha recuperado, polietileno y aluminio, que poseen un valor añadido de sumo interés. Este último componente puede ser recuperado para devolverlo al flujo productivo (reciclaje). Por otro lado, el polietileno y la fibra pueden ser valorizados energéticamente para satisfacer la demanda energética del propio proceso o su venta en formas de energía eléctrica o calor. La fracción condensable del gas generado puede ser valorizada como materia prima para la elaboración de nuevos productos, como el keroseno, gasoil y gasolina o para su valorización como fuente de energía.

Las fotos de las figuras 2 y 3 muestran la planta piloto construida para este fin.

La capacidad de tratamiento de esta planta es de 30 kg/h, cantidad necesaria para estudiar su comportamiento y obtener datos para su escalado a planta semi-industrial.

Descripción del proceso

El material antes de entrar al triturador se seca hasta una humedad cercana al 10 %. Llega al triturador dónde se reduce su tamaño hasta valores próximos a los 15 mm. Con esta operación se facilita por un lado, el transporte del material hacia el reactor de pirolisis, y por otro, se aumenta su superficie de contacto para facilitar la operación transporte de masa y calor que toman lugar en el proceso de descomposición térmica. Luego de ser triturado es alimentado a través de un tornillo sinfín al reactor de pirolisis dónde se degrada térmicamente (volatilización) toda la materia orgánica que acompaña al metal.

El reactor de pirolisis se calienta por medio de resistencias eléctricas regulables. Estas están en contacto directo con la superficie externa del reactor. Para garantizar la ausencia de aire en el reactor de pirolisis, este trabaja a una presión comprendida entre -10 a -20 mbar, lo cual se realiza por medio de un extractor (soplante) acoplado al sistema. Esta depresión se regula por medio de una válvula ubicada a la salida de esta máquina. Esto a su vez permite extraer el gas que se genera durante el proceso de pirolisis.

De este proceso resultan dos corrientes: una sólida formada por: el metal contenido en el residuo, al que se le suma la fracción car-

products obtained from the liquid fraction generated during the gas cleaning stage. Table 1 shows the immediate and elemental analysis of a sample of this waste type from a paper and board recovery company in Catalonia.

It can be seen that this type of waste contains significant quantities of still-unrecovered fibre (paper), as well as polyethylene and aluminium with an added value of great interest. This aluminium component can be recovered and returned to the production cycle (recycling). The polyethylene and fibre can be recovered in the form of energy to meet the needs of the process itself, or this energy can be sold in the form of electrical or thermal energy. The condensable fraction of the gas generated can be recovered as a raw material for the production of new products, such as kerosene, gasoil and gasoline, or it can be recovered as a source of energy.



Figura 2. Planta piloto. Vista del reactor y alimentador.
Figure 2. Pilot plant. View of reactor and feeder unit

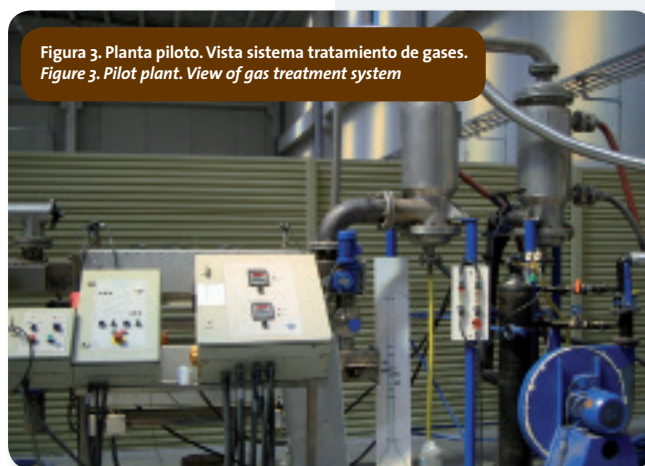


Figura 3. Planta piloto. Vista sistema tratamiento de gases.
Figure 3. Pilot plant. View of gas treatment system

The photos in figures 2 and 3 show the pilot plant built for this study.

This plant has a treatment capacity of 30 kg/h, a capacity required in order to be able to study its behaviour and obtain useful data for upscaling to a semi-industrial plant.

Description of the process

Prior to feeding the shredder, the material is dried until it has a moisture content of around 10 %. The shredder reduces it to a size of around 15 mm. This facilitates transportation of the material to the pyrolysis reactor and also increases the contact surface area to facilitate the mass and heat transfer that takes place during the thermal decomposition process. After shredding, the material is fed into the pyrolysis reactor by means of a screw conveyer. In the reactor, all the organic matter that accompanies the metal is thermally degraded (volatilisation).

The pyrolysis reactor is heated by means of adjustable electric elements, which are in direct contact with the external surface of the reactor. In order to ensure the absence of air inside the reactor, the reactor operates at a pressure of between -10 and -20 mbar, which is achieved by means of an extractor (blower) coupled to the system. This negative pressure is regulated by a valve located at the outlet of this unit. This valve also facilitates the extraction of the gas generated during the pyrolysis process.

This process gives rise to two streams:

- A solid stream made up of the metal contained in the waste and the carbonaceous fraction produced by the fibre volatilisation process.
- A gaseous stream resulting from the volatilisation process of the organic fraction, which has a high light hydrocarbons content.

bonosa resultante del proceso de volatilización de la fibra. La otra, la gaseosa procedente del proceso de volatilización de la fracción orgánica con elevada cantidad de hidrocarburos ligeros.

La fase gaseosa sale del reactor y pasa a los condensadores, enfriados por agua procedente de una torre de enfriamiento, el abastecimiento del agua a los condensadores se realiza por medio de la bomba centrífuga acoplada al sistema. Esta etapa tiene la finalidad de separar por enfriamiento-condensación los compuestos condensables y enfriar el gas antes de ser enviado para su análisis y quemado posteriormente.

La fase sólida (aluminio) contaminada con trazas de carbón procedente de la descomposición térmica de la primera etapa pasa al separador de fase, donde por movimiento brusco se separa el carbón del aluminio. De esta forma, se eliminan las impurezas al metal quedando un producto limpio, listo para su comercialización.

El carbón resultante de este último proceso por su contenido energético puede ser usado para producir vapor o calor para el consumo interno por combustión del mismo. Esta tecnología aunque se ha diseñado para el tratamiento y recuperación del aluminio contenido en los residuos de envases de diferentes tipos de bebidas puede ser aplicada a otros tipos de residuos, entre los que cabe citar: neumático fuera de uso (NFU), embellecedores de coche, blíster de la industria farmacéutica y residuo de la industria del cable eléctrico.

Los rendimientos alcanzados del proceso para este tipo de material (residuo de tetrabrik-envase) se presentan en la tabla 2:

Tabla 2. Rendimientos alcanzados. | Table 2. Efficiencies achieved.

Residuos de Tetrabrik. Base 100 kg. Waste Tetrabrik. Baseline 100 kg.	
Materiales Materials	% en masa % in mass
Aluminio Aluminium	Gases Gases
Líquido Liquid	Carbón Carbon
14 kg. 14 kg.	48,9 kg 48,9 kg
32,6 kg. 32,6 kg.	4,5 4,5

Tabla 3. Composición del gas resultante del tratamiento térmico del residuo de tetrabrik. | Table 3. Composition of the gas resulting from the thermal treatment of tetrabrik waste.

Composición Composition	CO ₂ CO ₂	C ₂ H ₄ (eteno) C ₂ H ₄ (ethylene)	C ₂ H ₆ (etano) C ₂ H ₆ (ethane)	CH ₄ CH ₄	CO (% Volumen) CO (% Volume)
	25,3	4,0	9,3	19,7	5,7
PCIg (kcal/kg)	6,307,8				
NCVg (kcal/kg)	6,307,8				
PCIg (kcal/m ³)	7,676,8				
NCVg (kcal/m ³)	7,676,8				

La tabla 3 muestra la composición del gas resultante y el PCI del mismo la cual evidencia su posible utilización como material para la generación de energía térmica o eléctrica.

Resultados

El aluminio recuperado según resultado del análisis metalográfico realizado tiene una pureza superior al 98 %. Esto garantiza su calidad para su comercialización. Los subproductos obtenidos (gases y líquido) del proceso de recuperación poseen varias vías de aprovechamiento. Los gases pueden ser utilizados para generar energía eléctrica y/o calor, o ser introducirlo en una columna de craqueo para producir H₂.

El líquido (rico en olefinas y parafinas) puede ser usado como combustible para caldera con la finalidad de garantizar el contenido energético del proceso. El líquido puede ser sometido a un proceso de craqueo para producir, gasoil, keroseno y gasolina. El proceso es energéticamente sostenible, pues parte de la energía producida puede ser usada para el soporte energético del proceso, mientras que la energía sobrante puede ser exportada.

The gaseous phase leaves the reactors and goes to the condensers, which are cooled by water from a cooling tower. Supply of water to the condensers is by means of a centrifugal pump coupled to the system. This stage has the objective of separating the condensable compounds by means of cooling-condensation, and cooling the gas before it is sent for analysis and subsequent burning.

The solid phase (aluminium), contaminated with traces of carbon from the thermal decomposition of the first stage, is sent to the separation stage, where the carbon is separated from the aluminium by means of brusque movement. In this way, impurities are removed from the metal, leaving a clean product ready for sale.

The carbon produced by this latter process can, due to its energy content, be combusted to produce steam or heat for internal consumption. This technology has been developed for the treatment and recovery of aluminium contained in waste beverage containers but it can also be applied to other types of waste, including: end-of-life tyres (ELT), wheel trims, pharmaceutical blister packaging, and waste from the electrical wire industry. The efficiency achieved by the process for this type of material (waste tetrabrik containers) is presented in Table 2.

Table 3 shows the composition of the resulting gas and its net calorific value, which indicates its potential use as material for the generation of thermal energy or electricity.

Results

According to the results of the metallographic analysis, the recovered aluminium has a purity of over 98 %, meaning that it has the quality required for commercialisation. The by-products (gases and liquid) obtained in the recovery process can be used in a number of ways. The gases can be used to generate electricity and/or heat, or they can be sent to a catalytic cracking unit to produce H₂. The liquid (rich in olefins and paraffins) can be used as boiler fuel for the purpose of providing the energy required for the process. The liquid can undergo a catalytic cracking process in order to produce gasoil, kerosene and gasoline. The process is sustainable in energy terms because part of the energy produced can be used in the process itself, while the remainder can be exported.

References

- Kvithyld, A. Abel, T (2003). Kinetic of thermal decoating of aluminium scrap. Norwegian University of Science and Technology. Proceedings of EMC 2003.
- Kvithyld, A. Gaal, S, Kowalewski, P, Abel, T (2003). Gas evolved during decoating of aluminium scrap in inert and oxidizing atmospheres. Light Metal. 2003.
- Bateman, W, Guest, G, Evans, R. Decoating of aluminium products and the environment. Stein Atkinson Stordy Limited. England.
- Tremblay, F, Litalien, M, Stephen, D. The Alcan fluidized bed decoater: A new generation of decoating technologies. Alcan International Limited.
- Reina, J, Velo, E, Roca, X. (2002). Study of Aluminum Recovery from different Industrial and Urban Waste. 9º Congreso Mediterraneo de Ingeniería Química. Barcelona- Spain.
- Reina, J (2008). KINETIC STUDY OF ALUMINIUM RECOVERY FROM TETRAPACK WASTE. 11º Congreso Mediterraneo de Ingeniería Química. Barcelona- Spain.
- Reina, J (2008). Recuperación térmica de aluminio. Gestión de residuos industriales. Infoenviro. Noviembre/diciembre 2008.



Joaquín Reina Hernández

Energy & Waste.S.I
Energy & Waste.S.I