

S. Lopez de Armentia^a, J. Sierra^a, J. Abenojar^a,
M. A. Martinez^a

^a Materials Science and Engineering Department, IAAB, Universidad Carlos III de Madrid, Av. Universidad 30, 28911 Leganés, Spain

Fabricación de PET reforzado con fibra de carbono a partir de desechos de CFRP y botellas de PET

RESUMEN

Historia del artículo:

Recibido 29 de Mayo 2019

En la versión revisada 15 de Junio 2019

Aceptado 5 de Julio 2019

Accesible online 15 de Julio de 2020

Palabras clave:

Reciclado mecánico

Epoxi reforzada con fibra de carbono

PET reciclado

Compuesto termoplástico

Este trabajo trata de resolver dos problemas actuales y de gran importancia. Por un lado, cada año se tiran al mar 12 millones de toneladas de PET. De hecho, a pesar de ser un polímero reciclable, menos del 50 % del PET procesado se recicla en Europa. Por otro lado, los materiales compuestos con matriz termoestable son ampliamente empleados en la industria y es necesario reciclar los materiales al final de su vida, así como los recortes que se producen. Los termoestables presentan un problema desde el punto de vista de reciclado: su curado es irreversible.

Existen muchos estudios acerca del reciclado de materiales compuestos, centrándose en tres métodos: mecánico, térmico y químico. El reciclado térmico es el más desarrollado, ya que permite recuperar la fibra limpia. Sin embargo, es costoso energéticamente y el proceso no es respetuoso con el medio ambiente. Por otro lado, el reciclado químico requiere del empleo de productos peligrosos, como el ácido nítrico, para disolver la matriz. Finalmente, con el reciclado mecánico se recuperan tanto las fibras como la matriz a través de la molienda del material compuesto.

En este trabajo, el material compuesto de fibra de carbono unidireccional y epoxi se muele y se emplea como refuerzo para un nuevo material compuesto. Como matriz, se emplea PET proveniente de botellas recicladas. Los equipos empleados son un molino de cuchillas y una prensa de platos calientes. El material obtenido se ensaya química y mecánicamente.

Manufacturing of carbon fiber reinforced PET from wastes of CFRP and PET bottles

ABSTRACT

Keywords:

Mechanical recycling

Carbon fiber reinforced epoxy

Recycled PET

Thermoplastic composite

This work is focused on two current and important issues. On one hand, 12 millions of tons of PET are thrown into the sea each year. In fact, in spite of being a recyclable polymer, less than 50 % of processed PET is recycled in Europe. On the other hand, thermoset matrix composites are widely used in the industry and the end-of-life products and scraps need to be recycled. Compared to thermoplastics, thermosets present a problem for being recycled or remolded due to their irreversible curing.

Many researches are focused on the recycling of carbon fiber reinforced epoxy, presenting three different paths: mechanical, thermal and chemical recycling. Thermal recycling is the most promising because it allows to recover clean fiber. However, it is an energetically expensive and non-environmentally friendly process. Chemical recycling, for its part, needs hazardous products, such as nitric acid, to dissolve the matrix. Finally, both, fibers and matrix, are recovered with mechanical recycling which consists on milling the composite to obtain finer parts.

In this work, unidirectional carbon fiber reinforced epoxy is blade-milled and it is used as reinforcement of a new composite. As matrix, PET coming from recycled bottles is used. First of all, pellets of PET are produced from the bottles with a blade mill. Recycled composite and PET are mixed and a sheet is manufactured with a hot plates press. The resulting material is chemically and mechanically tested.

1 Introducción

El aumento de la población y de las necesidades que esto representa hace que se generen nuevos problemas en los residuos industriales. Cada vez se está empleando una cantidad creciente de envases de plástico (polietileno tereftalato en la mayoría de los casos) y, por otro lado, en industrias tan importantes como la aeronáutica o la de la automoción el uso de materiales compuestos se está viendo incrementado año a año.

El polietileno tereftalato es uno de los materiales más empleados en aplicaciones de envasado debido a las ventajas que ofrece por sus propiedades inherentes [1] como son su reciclabilidad, ligereza, elasticidad, capacidad de aislamiento, durabilidad, bajo coste, inactividad química, baja temperatura de procesamiento (comparado con vidrio y metal), efecto barrera... A pesar de que el PET es altamente reciclable, el ratio de botellas recicladas es considerablemente bajo [2]. En la Figura 1 se observa el porcentaje de botellas recicladas. En Europa se recicla menos del 50 % del total de las botellas procesadas.

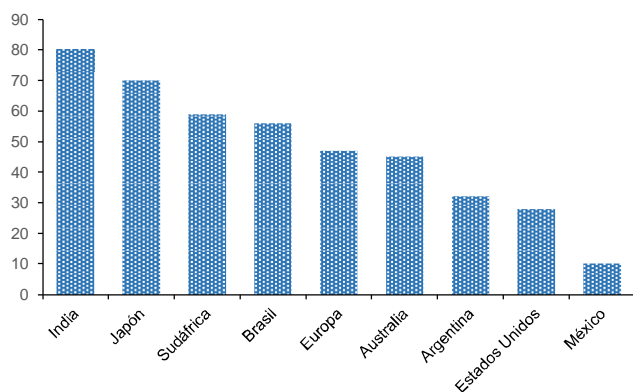


Figura 1. Porcentaje de botellas de PET recicladas en varios países

En lo que respecta al reciclaje de las botellas de PET, se presentan tres procesos diferentes. En primer lugar, el reciclado primario consiste en la reutilización del material que no alcanza las especificaciones en fábrica. Respecto a las botellas al final de su vida útil, se tiene el reciclado secundario o mecánico y el reciclado terciario o químico. El primero de ellos consiste en la reutilización del PET tras ser molido, mientras que el segundo consiste en la despolimerización del polímero con el uso de químicos. Por otro lado, en ocasiones se lleva a cabo la incineración de los desechos de PET con la consecuente generación de energía [3].

El otro problema que aborda este estudio es la dificultad de reciclaje de materiales compuestos con matriz termoestable. Principalmente existen tres vías diferentes para reciclar este tipo de materiales: reciclado mecánico, químico y térmico. Todos ellos presentan ventajas e inconvenientes. En el caso tanto del reciclado químico como el térmico, en ambos casos se obtiene fibra de carbono limpia, lo que resulta de gran interés de cara a la reutilización de la misma. Sin embargo, desde el punto de vista medioambiental, solo el reciclado mecánico es respetuoso, ya que no requiere el empleo de químicos ni expulsa gases contaminantes a la atmósfera [4,5].

En este trabajo se propone solventar estos dos problemas de gran importancia. Esto se realiza a través del reciclado mecánico tanto de las botellas desechadas de PET como del material compuesto de fibra de carbono y epoxi. Con todo ello, se fabrica un material compuesto de matriz termoplástica, fácilmente remodelable, que ofrece unas buenas propiedades mecánicas.

2 Procedimiento experimental

2.1 Materiales

En este trabajo, las botellas usadas de PET se emplean como matriz, mientras que como refuerzo, se usa material compuesto comercial de fibra de carbono unidireccional con resina epoxi Sika CarboDur® (suministrado por Sika S.A.U.), con más de un 70% de fibra de carbono.

2.2 Experimental

En primer lugar, se realizó la limpieza tanto de las botellas como del material compuesto con etanol. A continuación, se molieron con ayuda de un molino de cuchillas y se caracterizó el tamaño final del material compuesto, con ayuda del software KLONG Image Measurement, obteniéndose la distribución de tamaños a partir de, al menos, 250 mediciones.

Empleando una prensa de platos calientes (Fontijne Presses TPB 374, Barendrecht, Países Bajos) se realizaron planchas de material compuesto con un 10 % en peso de fibras. A continuación, se cortaron las piezas (80x10mm) para realizar ensayos de impacto empleando un péndulo Charpy CEAST 9050 (Instron, Norwood, MA, US) También se obtuvieron piezas (40x10mm) para realizar ensayos de flexión empleando una máquina universal de ensayos Microtest DT005 FR (Madrid, España).

3 Resultados

3.1 Caracterización del material compuesto molido

Al realizar la molienda del material compuesto durante 2 segundos, la distribución de tamaños que se obtiene es la que se muestra en la Figura 2, encontrándose que más del 50% de las fibras tiene un tamaño por debajo de los 10 mm

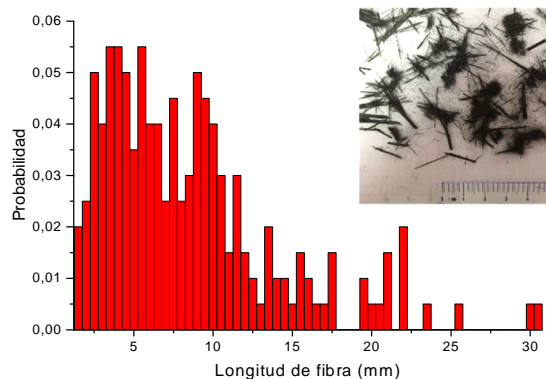


Figura 2. Distribución de tamaño de la fibra de carbono reciclada



3.2 Resistencia a flexión

Cuando se tiene un material compuesto, tan importante como las propiedades de la matriz y del refuerzo por separado, es la calidad de la intercara. Cuando se realizan los ensayos de flexión a tres puntos se obtienen los resultados mostrados en la Figura 3.

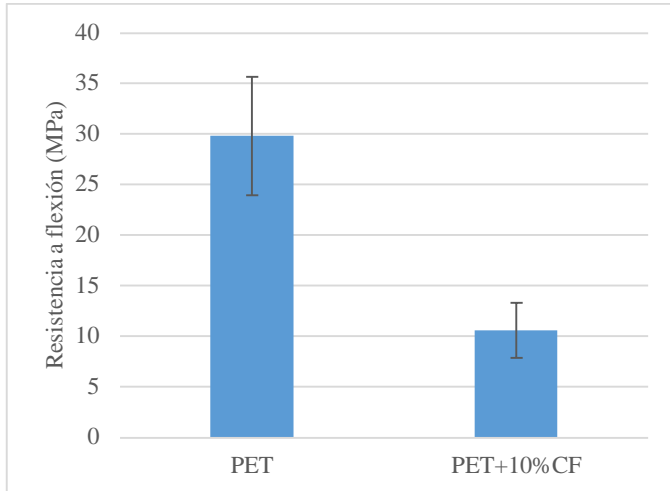


Figura 3. Resistencia a flexión del PET reforzado y sin reforzar

Se puede observar como al introducir el refuerzo en la matriz de PET, la resistencia a flexión disminuye drásticamente. Esto es debido a la mala adhesión entre el PET y la fibra de carbono reciclada, que hace que la calidad de la intercara no sea la adecuada.

Empleando un microscopio electrónico de barrido, se comprueba esta mala adhesión (Figura 4).

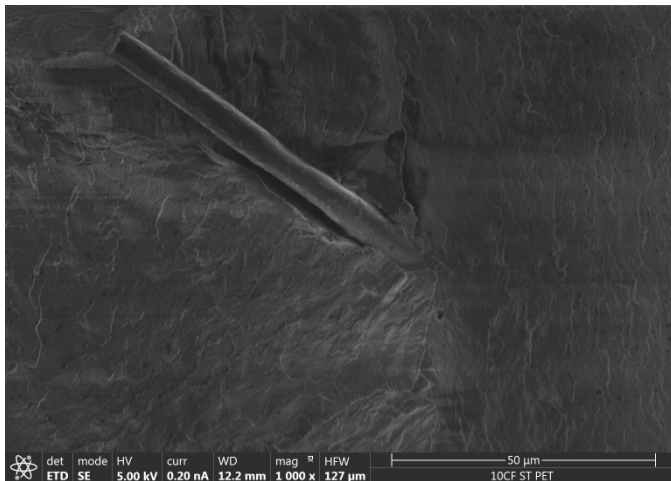


Figura 4. Micrografía de SEM de fibra de carbono en matriz de PET

3.3 Resistencia a impacto

Cuando se ensayan las probetas con el péndulo Charpy, se observa la misma tendencia de resistencia decreciente con la adición de fibras recicladas. Los resultados se muestran en la Figura 5.

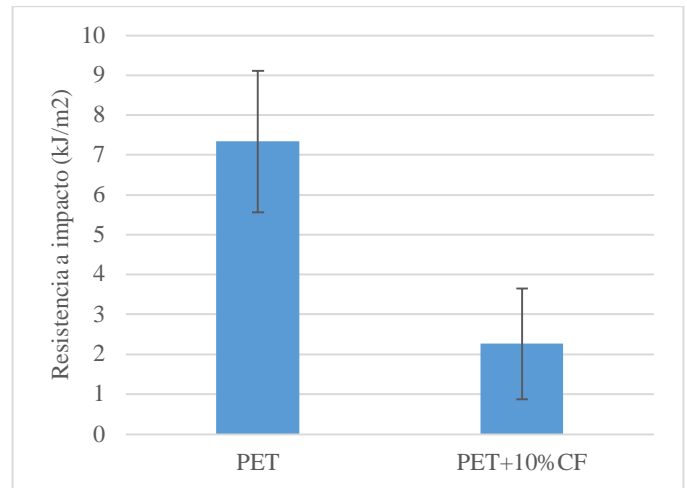


Figura 5. Resistencia a impacto del PET reforzado y sin reforzar

4 Conclusiones

Se ha fabricado un material compuesto cuya matriz es polietileno tereftalato reciclado y el refuerzo es material compuesto fibra de carbono-epoxi reciclado.

Se ha encontrado un problema de adhesión entre la matriz y el refuerzo que ha conllevado a una disminución tanto en la resistencia a flexión como a impacto del material. Esta falta de adhesión se podría resolver con tratamientos superficiales sobre la fibra reciclada.

Referencias

- [1] K.V. Marathe, K.R. Chavan, P. Nakhate, *Recycling of Polyethylene Terephthalate Bottles*, 149-168 (2019). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811361-5.00008-0>
- [2] K.G. Gopalakrishna, N. Reddy, *Recycling of Polyethylene Terephthalate Bottles*, 23-35 (2019). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811361-5.00002X>
- [3] A.B. Raheem, Z.Z. Noor, A. Hassan, M.K.A. Hamid, S.A. Samsudin, A.H. Sabeen, *Journal of Cleaner Production*, Article In Press (2019). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.019>
- [4] G. Oliveux, L.O. Dandy, G.A. Leeke, *Progress in Materials Science* **72** pág. 61-99 (2015). <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2015.01.004>
- [5] S. Pimenta, S.T. Pinho, *Waste Management* **31**, 2, pág 378-392 (2011). <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.09.019>

