

Plástico con refuerzo de hierro en polvo

D. A. Alloggia, F. Alonso, R. Herrero, E. Sandoval

E.T.S.I. de Caminos, Canales y puertos, Universidad Politécnica de Madrid, C/ Profesor Aranguren 3, E28040, Madrid, Spain

INFORMACIÓN

Información del Proyecto:

Entrega anteproyecto 23 febrero 2022

Entrega Proyecto 18 mayo 2022

Disponible online 15 septiembre 2022

Keywords:

Polipropileno

Polvo de hierro

ABSTRACT

Actualmente el plástico genera gran parte de la contaminación del medio ambiente, llegando a estar presente en la gran mayoría de las zonas de la Tierra. Por lo que hemos pensado una alternativa para darle más usos al plástico reciclado y así fomentar que a las industrias les sea conveniente recuperar y reutilizar residuos plásticos, principalmente de PET (Tereftalato de polietileno), HDPE (Polietileno de alta densidad) y PP (polipropileno), también se conseguiría darle una nueva utilidad a aquellos fragmentos de hierro que sean demasiado pequeños como para ser reutilizado en la industria pesada

© 2022 ESTRUMAT 2.0. All rights reserved.

1. Introducción

Nuestro objetivo es crear un material compuesto de una matriz de plástico reciclado, y ver la influencia que tendría un refuerzo de partículas de polvo de hierro. Para ello, evaluamos 3 tipos de plástico (PET, HDPE y PP), y 3 proporciones distintas de polvo de hierro en el material. De esta forma, podremos obtener un material con propiedades magnéticas, menor densidad que el hierro, y teniendo una barrera contra el óxido y la corrosión, con la finalidad de otorgarle una mayor variedad de posibilidades a costa de reducir su temperatura de servicio y una nueva propuesta que cumpla con alguno de los ODS.

2. Materiales y procesos de fabricación

2.1. Materiales y utensilios

- PP (Polipropileno)
- Polvo de hierro
- Licuadora de cocina
- Horno
- Recipiente de vidrio templado

2.2. Método de fabricación

Visto que nuestra idea era hacer un material compuesto reforzado con partículas, nos planteamos que utilizar pedazos lo más reducidos posibles para facilitar el proceso de mezclado con el polvo de hierro, por lo tanto, optamos por triturar el plástico en una licuadora de cocina, nos planteamos la posibilidad de utilizar matrices de PET y HDPE, sin embargo, estas no se trituraban de la manera esperada y por lo tanto decidimos descartarlos pues dificultan el proceso de producción del material. mientras que el PP se trituraba fácilmente, proporcionando dos tipos de granza, una micrométrica y por lo tanto

fácil de mezclar, y otra de en media 3 mm de diámetro y 1 mm de espesor.



Fig. 1. Polipropileno triturado

El polvo de hierro se puede extraer de la naturaleza, arrastrando un imán sobre una superficie de tierra, quemando estropajo de fibras de acero, se puede obtener de las lascas de las llaves de una cerrajería, no obstante, este proceso deja una mezcla entre partículas y fibras cortas de acero, nosotros para tener un mayor control de la calidad y de la uniformidad del tamaño de las partículas, optamos por comprar el polvo de hierro.

Se mezclan los dos componentes y se introducen en el horno para que se distribuyan de forma que toda la sección del material que va a ser sometida a los diferentes ensayos tenga las mismas proporciones de ambos materiales. Y se funden juntos en un horno durante aproximadamente 30 minutos a temperaturas entre los 190 °C y los 200 °C, posteriormente se deja enfriar lentamente en el horno durante aproximadamente 45 minutos para evitar fenómenos de contracción térmica.

Para comparar cómo afectaba el porcentaje de ferrita al material creamos 3 variantes:

- 20% de peso en hierro
- 30% de peso en hierro
- 50% de peso en hierro

Visto que las probetas con un 20 % de hierro no presentaban suficiente ferrita como para manifestar características magnéticas significantes, optamos por descartar esta variante.

2.3. Ensayos

Para comprobar las propiedades del nuevo material hemos recurrido a los siguientes ensayos:

Ensayo de tracción: Se coloca uno de los extremos de la probeta en un sargento y del otro se tira de forma paralela hasta que se produce una rotura. La fuerza se mide con una báscula para maletas y el momento exacto de rotura se obtendrá con una cámara

Ensayo de flexión en 3 puntos: Se colocan los extremos de la probeta en dos mesas y se empuja la parte central que no está apoyada hacia abajo hasta que se produce una rotura. La fuerza se mide con una báscula para maletas y el momento exacto de rotura se obtendrá con una cámara

Ensayo de Conductividad Térmica: Introducimos dos probetas cilíndricas de mismas dimensiones; 30 mm de diámetro y 8mm de altura, una de polipropileno con cantidades de 50 % de polvo de hierro y otra sin el refuerzo, las introducimos en un horno precalentado a la máxima temperatura de servicio del PP, en torno a los 80 °C, durante 30 minutos para que se caliente toda la pieza, posteriormente la extraemos del horno e inmediatamente la colocamos sobre una superficie de madera a temperatura ambiente, y con un termómetro de carne, vimos el tiempo que tardan en enfriar a temperatura ambiente, esto para evaluar cual es la influencia térmica del hierro en el material.

3. Resultados

Aunque no tengamos un método preciso para cuantificarlo, se puede observar que el material presenta cierto grado de magnetismo cuando la cantidad de hierro supera el 25 %, provocando que incluso siendo de muy reducido tamaño el plástico sea atraído por un imán. Teniendo esto en cuenta, los ensayos sólo han sido realizados con aquellas probetas que tenían una composición superior a 25 % en hierro. También se observa que la capa más superficial de la probeta se desprende con la fuerza del imán.

3.1. Ensayo de tracción

Para la obtención de la resistencia a tracción se ha seguido la fórmula que se muestra a continuación:

$$T = \frac{m \cdot g}{S} \quad (\text{Eq. 1})$$

Donde:

m: marca que daba la báscula en el momento de rotura (Kg)

g: aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

S: superficie de la probeta mm²

T: valor de resistencia a tracción (MPa)

Tabla 1. Resultados del ensayo de tracción en las probetas con distinto contenido en hierro

| 0 % hierro | Media | 25,28 MPa |
|-------------|-----------|-----------|
| 30 % hierro | Probeta 1 | 2.730 MPa |
| | Probeta 2 | 4.301 MPa |
| | Probeta 3 | 2.889 MPa |
| | Media | 3.308 MPa |
| 50 % hierro | Probeta 1 | 5.819 MPa |
| | Probeta 2 | 7.232 MPa |
| | Probeta 3 | 3.871 MPa |
| | Media | 5.641 MPa |

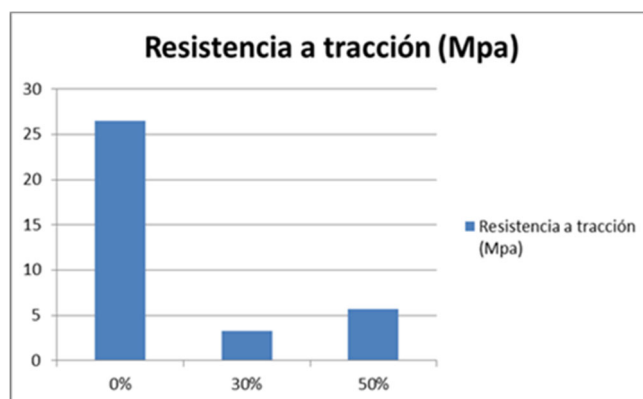


Fig 2. Gráfica resistencia a tracción del polipropileno a distintas concentraciones de ferrita

Al analizar los resultados, intuimos que con un 30%, el polvo de hierro no se distribuye homogéneamente, generando regiones donde hay menores concentraciones de polvo de hierro, siendo zonas donde se pueden las tensiones tienen menos obstáculos para avanzar y, por lo tanto, mayor facilidad para fracturar al material aumentando su fragilidad, ya con 50 % se percibe una mayor homogeneidad, y por lo tanto, una leve mejoría de la resistencia a tracción con respecto a las probetas de 30 %.

3.2. Ensayo de flexión en 3 puntos

$$\sigma = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot w \cdot h^2} \quad (\text{Eq. 2})$$

Donde:

σ : Resistencia a la flexión (MPa)

F: Carga aplicada (N)

w: ancho de probeta (mm)

h: espesor de probeta (mm)

L: Separación entre los puntos de apoyo. cte = 25 mm

P: Kg marcados en la báscula de maletas (kilopondios)

Tabla 2. Dimensiones y resultados del ensayo de flexión en el material sin hierro

| 0% hierro | |
|----------------|-----------|
| σ media | 30.2 OMPa |

Tabla 3. Dimensiones y resultados del ensayo de flexión en el material con un 30 % de hierro

| 30% hierro | | |
|----------------|----------|-----------|
| Probeta 1 | w | 20.00 mm |
| | h | 4.00 mm |
| | P | 17.30 kp |
| | F | 169.54 N |
| | σ | 19.87 MPa |
| Probeta 2 | w | 11.00 mm |
| | h | 4.00 mm |
| | P | 5.65 kp |
| | F | 55.37 N |
| | σ | 11.80 MPa |
| Probeta 3 | w | 19.00 mm |
| | h | 4.00 mm |
| | P | 12.50 kp |
| | F | 122.50 N |
| | σ | 15.11 MPa |
| σ media | | 15.59 MPa |

Tabla 4. Dimensiones y resultados del ensayo de flexión en el material con un 50 % de hierro

| 50% hierro | | |
|----------------|----------|-----------|
| Probeta 1 | w | 10.00 mm |
| | h | 3.00 mm |
| | P | 4.10 kp |
| | F | 40.18 N |
| | σ | 16.74 MPa |
| Probeta 2 | w | 34.00 mm |
| | h | 3.00 mm |
| | P | 11.05 kp |
| | F | 108.29 N |
| | σ | 13.27 MPa |
| Probeta 3 | w | 16.00 mm |
| | h | 2.50 mm |
| | P | 5.05 kp |
| | F | 49.49 N |
| | σ | 18.56 MPa |
| σ media | | 16.19 MPa |

Cómo se puede comprobar, el PP disminuye su resistencia a flexión a la vez que aumenta el porcentaje de hierro. No descartamos que este aumento de fragilidad se deba a defectos resultado del proceso de fabricación.

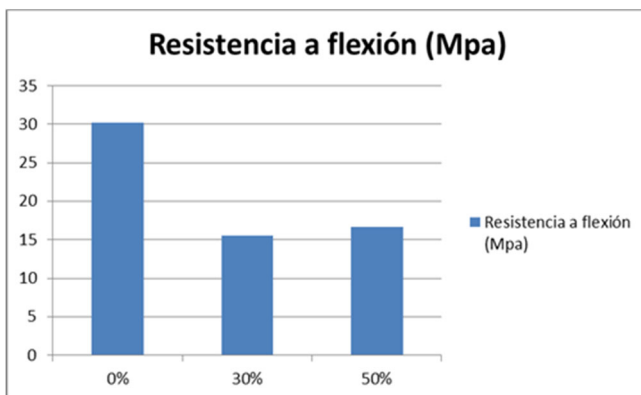


Fig 3. Gráfica resistencia a flexión del polipropileno a distintas concentraciones de ferrita

3.3. Ensayo de conductividad Térmica

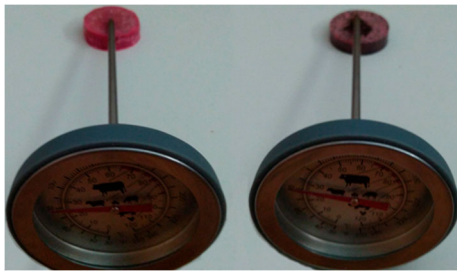


Fig 4. Realización del ensayo de conductividad térmica

Al calentar ambas probetas de mismas dimensiones a una misma temperatura se obtuvieron los siguientes resultados:

Velocidad de enfriamiento

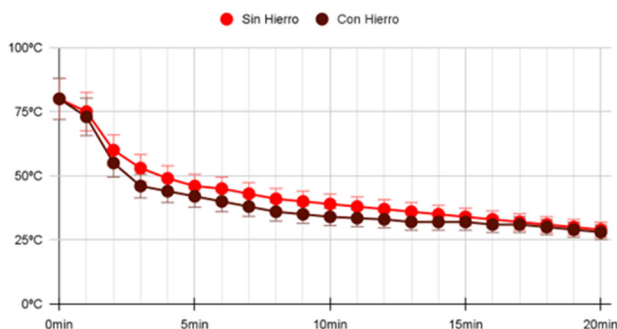


Fig 5. Gráfica de velocidad de enfriamiento de ambas probetas

De este gráfico se puede concluir que el hierro al tener una mayor conductividad térmica permite que el material se enfríe ligeramente más rápido que el polipropileno sin aditivos, pero no lo suficientemente significativas como para manifestar fenómenos de dilatación o contracción térmica que puedan alterar la integridad del material, permitiendo que sea de esa forma una de sus potenciales aplicaciones la creación de filamentos de polipropileno magnético para su uso en impresoras 3D.

4. Conclusiones

Los resultados de los ensayos de las propiedades mecánicas no fueron los esperados, nuestra hipótesis era que al añadir la ferrita se modificarían positivamente las propiedades mecánicas del polímero brindando nuevas aplicaciones al aumentar su resistencia. razonamos que, debido al proceso de producción, se pudieron generar muchas burbujas de aire que afectaron negativamente a las propiedades mecánicas del material, y que se podrían mejorar con un proceso de producción que permita una distribución más homogénea entre matriz y refuerzo. Aunque la mayoría de las propiedades no cumplieran con nuestras expectativas, las propiedades magnéticas sí que se pudieron observar, permitiendo crear piezas de gran volumen y poco peso, que no requieran estar sometidas a altas temperaturas o expuestas a un gran estrés mecánico, además de su correspondiente protección ante la corrosión y oxidación. confirmando lo teorizado sobre estas y brindando un amplio campo de aplicaciones para este nuevo material. Por ejemplo:

Píldoras magnéticas: con un proceso diferente de producción como la coextrusión que permita tener una capa de hierro cubierta por 2 capas de polipropileno, se podrían sintetizar píldoras cuya dirección se pueda controlar desde el exterior por un especialista con imanes. para liberar medicamentos donde sea requerido con una mayor precisión, evitando daños colaterales como los que pueden ocasionar medicamentos contra el cáncer, hacerlo con una matriz de polipropileno tiene diversas ventajas como:

- Barrera contra la oxidación (impermeable) y corrosión del hierro, evitando infecciones.
 - Buena resistencia contra el ácido clorhídrico, lo que permitiría atravesar el tracto digestivo.
 - Posibilidad de esterilizarse y ser hipoalergénica.
- Palets Magnéticos: Los Palets de polipropileno son comunes en la industria debido a su bajo peso y alta resistencia mecánica, lo que permite transportar grandes cargas economizando en combustible a causa de la reducción de peso con respecto a los palets de madera. Hacer palets con nuestro material permitiría aumentar el grado de automatización con cintas de transporte magnéticas.

Pizarra magnética: Con la idea de que imanes atraen nuestro material se podrían crear pizarras con un recubrimiento para pintar y que a su vez se puedan pegar imanes para facilitar explicaciones.

Tableros Magnéticos: Las propiedades magnéticas de este material se pueden aprovechar para producir tableros de juegos de mesa de diversas formas y tamaños, manteniendo siempre las piezas conectadas a su superficie por medio de imanes.

Considerando que en todas sus potenciales aplicaciones nuestro material tiene la ventaja de estar hecho con plástico reciclado, y ser menos pesado que un objeto hecho enteramente metálico.

5. Bibliografía

- [1] http://polired.upm.es/index.php/ingenia_materiales
- [2] <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/polipropileno.html>
- [3] <https://www.rocheplus.es/innovacion/investigacion-ciencia/materiales-magneticos.html>
- [4] http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432017000300245
- [5] <https://dutchwatertech.net/es/base-de-conocimiento/rsistencia-quimica-pp/>
- [6] <https://www.asacirujanos.com/admin/upfiles/revista/2013/2013-vol24-n3-4-act3.pdf>