

Poliestireno fibrado

M. Dotor, E. A. Carrasco, A. Candela, S. M. Rodríguez

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 24 febrero 2023

Entrega Proyecto 18 mayo 2023

Disponible online 1 noviembre 2023

Keywords:

Poliestireno

Propiedades mecánicas

Densidad

ABSTRACT

El poliestireno fibrado es un material creado a partir de poliestireno disuelto en un disolvente, en este caso acetona. Hemos obtenido un material con importantes características como la adherencia a superficies o la facilidad de transporte de grandes cantidades de poliestireno.

Por un lado, partir del ensayo de tracción, variando las capas de fibra de vidrio añadidas, concluimos que el límite elástico, la ductilidad y la tenacidad aumentan con el número de capas. Además, se obtuvo una mejoría del 25 % en el límite elástico, la resistencia se duplica y la tenacidad se triplica. Por otro lado, una vez calculadas las densidades, se llegó a la conclusión de que es más barato acarrear con el proceso de la disolución del poliestireno y transportarlo así.

© 2023 ESTRUMAT 2.0. All rights reserved.

1. Introducción

El poliestireno fibrado es un material creado a partir de poliestireno disuelto en un disolvente, en este caso acetona. El proceso por el que pasó hasta llegar a obtenerlo con las propiedades deseadas fue cambiando según se iban encontrando algunos obstáculos, es por ello que el proceso y formación definitivo, ha variado desde la hipótesis inicial. Además, el poliestireno fibrado será una revolución gracias a las muchas aplicaciones que tiene y su obtención por medio de reciclado.

1.1. Hipótesis inicial

El proyecto comenzó como idea de crear un material a partir de la disolución de poliestireno en un disolvente universal, obteniéndolo con unas propiedades mecánicas diferentes a las del poliestireno inicial.

Una vez hecha la mezcla, la acetona se evaporaría por completo y se obtendría un material sólido endurecido.

Además, también se tenía intención de introducir en la mezcla acero en tiras en forma de mallas, lo que proporcionaría otras características a nuestro material, ampliando así el abanico de aplicaciones futuras.

Como se verá a continuación, una vez se procedió a llevarlo a cabo se tuvo que hacer una serie de modificaciones en el proceso para que fuera viable.

2. Materiales y Métodos

La metodología seguida para la obtención del material comienza con la disolución del poliestireno, previamente cortado, en acetona.

Una vez disuelto, se procede a hacer el tratamiento de vacío para eliminar restos de aire del poliestireno. Se introduce el preparado en la cámara de vacío entre 5 y 10 minutos. Tras ese tiempo se distribuye el material en dos tiras sobre dos baldosas esmaltadas.



Fig. 1. Bomba de vacío

A continuación, se deposita una baldosa esmaltada sobre otra quedando el material hacia el interior, y entre medias la fibra. En los laterales añadimos unos topes de 3.5 centímetros que garantizan el grosor deseado.

Una vez se tiene el preparado en el molde, se introduce en el horno a 340 °C entre 10 y 18 minutos. El enfriamiento se realiza a temperatura ambiente (23 °C), lo que lleva un tiempo de 6 minutos, y los 30 minutos obtenemos la probeta con su dureza máxima. Cabe destacar que la placa cerámica absorbe calor, lo que ralentiza mínimamente la velocidad de enfriamiento. En este momento tiene todas las propiedades mecánicas buscadas. Para darle forma se utiliza una segueta eléctrica.



Fig. 2. Probeta obtenida finalmente

2.1. Errores y obstáculos

Al llevar a la práctica la hipótesis inicial, surgieron inconvenientes que llevaron a modificar tanto el proceso de obtención del material como los materiales que formarían parte de él.

2.1.1. Fibras de acero

Se intentó comprobar la viabilidad de fibras de acero (en forma de malla) en el material. Para ello, se puso la mezcla obtenida del poliestireno disuelto en un recipiente y se introdujo el acero. Tras dejarlo unas horas con peso sobre ello ejerciendo presión, se llegó a la conclusión de que las fibras de acero introducidas no dejaban pasar bien el material entre ellas, lo que complicaba que el material se secara quedando de una manera homogénea.

Tras darnos cuenta de que no era viable se procedió a cambiar el acero por las fibras de vidrio. Lo que nos dio el resultado deseado.



Fig. 3. Primer ensayo -malla de acero introducida en la mezcla

2.1.2. Evaporación de la acetona

La evaporación de la acetona no fue como se creía que sería en un comienzo. En la primera prueba se dejó secar al aire, a temperatura ambiente, y lo que sucedió fue que la acetona no se evaporó por completo. De hecho, tras pasar más de 1 mes seguía habiendo retos, lo que impedía que el material se solidificara y se obtuviera el material con las propiedades requeridas.

Por ello, se decidió meter la mezcla en el horno. Con esto se consiguió eliminar la gran mayoría de la acetona.

2.2. Materiales utilizados

La obtención de este material es una mezcla de dos componentes principales (poliestireno y acetona) a los que se le añade otros materiales que le otorgan unas ventajas considerables.

2.2.1. Poliestireno

El poliestireno es un polímero termoplástico que se utiliza en una gran variedad de aplicaciones, desde envases hasta piezas de automóviles y juguetes.

Es un material económico, ligero y resistente a la humedad.

Una de sus utilidades es en la construcción, donde se utiliza como aislamiento térmico y acústico en paredes y techos, así como en la fabricación de tuberías y otros accesorios de plomería.

A pesar de ser un material económico, también tiene un impacto significativo en el medio ambiente ya que es difícil de reciclar. Puede tardar cientos de años en descomponerse en vertederos, lo que significa que puede persistir en el medio ambiente durante mucho tiempo después de su uso inicial.

- Reciclado del poliestireno

El poliestireno es un material que se encuentra fácilmente en la vida cotidiana, ya sea en envases, envoltorios de productos delicados, etc.

Es un material que se recicla poco y es difícil. Mediante este proceso se podría reciclar y darle una segunda utilidad.

Uno de los puntos que se tiene en mente para obtener este material y reciclarlo, es en polígonos industriales, donde tras haber hecho una serie de consultas, se ha llegado a la conclusión de que hay gran cantidad de este material y que no se aprovecha y contamina. La idea es crear contenedores que se colocarían principalmente en esos puntos y donde se podría depositar para su posterior reciclado.

2.2.2. Acetona

La acetona es una sustancia química presente en la naturaleza. Líquido incoloro que se evapora fácilmente, es inflamable y muy soluble tanto en agua como en solventes orgánicos.

Se utiliza como disolvente de este material ya que la acetona la superficie del poliestireno y debilita su estructura química, lo que provoca la disolución y deformación del plástico. Este proceso es una reacción física, ya que no hay una reorganización de los átomos o moléculas involucradas.

2.2.3. Fibra de vidrio

La fibra de vidrio es un material compuesto, formado por hilos de vidrio finos y resistentes que se entrelazan para formar una estructura sólida y duradera.

Este material es conocido por su alta resistencia, ligereza y flexibilidad, lo que lo hace ideal para su uso en la fabricación de piezas y estructuras que requieren estas características.

Es resistente a la corrosión y a la intemperie, lo que la hace perfecta para su uso en exteriores. También se utiliza en la fabricación de paneles, revestimientos para edificios y estructuras, como refuerzo en hormigón y otros materiales de construcción para aumentar su resistencia y reducir la posibilidad de agrietamiento.

Sin embargo, presenta algunas desventajas, ya que es menos resistente al impacto que otros materiales, como el acero, y puede ser más costoso.



Fig. 4. Fibras de vidrio en el material

2.2.4. Utensilios

Los utensilios utilizados para llevar a cabo la producción del material y los posteriores ensayos son: disolvente universal (en el primer ensayo), una espátula, baldosines esmaltados (como moldes), rulina de punta de diamante (para cortar los baldosines), el horno, material de seguridad vario (mascarilla, guantes, etc.), lleva inglesa, destornilladores y carracas.

Para medir la temperatura no contamos con la caña pirométrica porque ya que se rompió, por lo que usamos un multímetro.

La fabricación de la cámara de vacío requirió de: un tarro, un compresor, material de fontanería vario, una manguera de butano y teflón (para las puntas).

Por último, la creación de la máquina de tracción necesitó de: conglomerado, cadenas de acero, tornillería normal y segueta eléctrica (para hacer taladros y dar forma a la probeta).

3. Resultados

Para poner a prueba este material se realizaron una serie de procedimientos para determinar de una manera más precisa las propiedades que obtenemos de él.

3.1. Ensayo de tracción

Realizamos un ensayo de tracción, hecho con los materiales nombrados anteriormente. Se realizó dos veces, primero con una capa de fibra de vidrio y luego con dos.

Al realizarlo con una capa, se obtuvo que el límite elástico era de 120 KPa (aproximadamente), la ductilidad es del 2,5 % y la resistencia máxima es de 363 KPa.

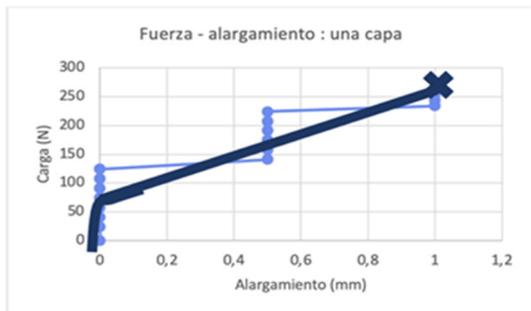


Fig. 5. Gráfica de fuerza - alargamiento (una capa de fibra de vidrio)

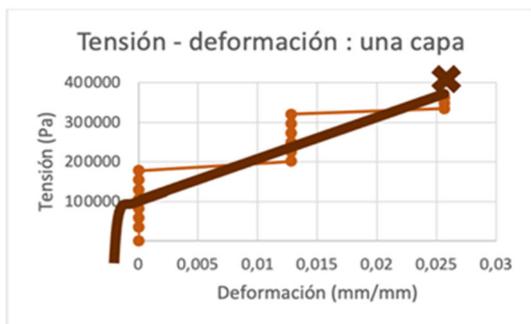


Fig. 6. Gráfica de tensión - deformación (una capa de fibra de vidrio)

Posteriormente, con dos capas los resultados fueron que el límite elástico era de 150 KPa (aproximadamente), la ductilidad es del 3,8 % y la resistencia máxima es de 769 KPa.

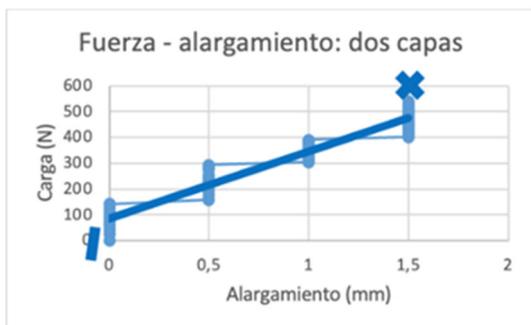


Fig. 7. Gráfica de fuerza - alargamiento (dos capas de fibra de vidrio)

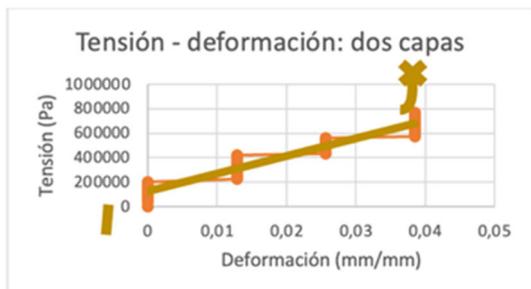


Fig. 8. Gráfica de tensión - deformación (dos capas de fibra de vidrio)

3.2. Densidades

El cálculo de densidades se realizó, dada a la falta de equipamiento de laboratorio, estableciendo una relación entre milímetros de una regla y mililitros dados por la jarra utilizada en el proceso. Por el principio de Arquímedes se estableció una relación entre el volumen del cuerpo a medir, el volumen de agua desplazado y milímetros de ascensión del agua.

$$100 \text{ ml} = 12 \text{ mm}$$

Para estas mediciones se utilizó una balanza analógica con 5 cifras significativas.



Fig. 9. Balanza analógica con jarra de agua para las mediciones de la densidad.

La densidad obtenida del poliestireno expandido fue de 0,0174 g/ml (con 3 cifras significativas), está en el rango de 0,015 y 0,950 g/ml esperable para poliestireno expandido.

Tabla 1. Densidad poliestireno expandido

| Peso (g) | Volumen (ml) | Densidad (g/ml) |
|----------|--------------|-----------------|
| 2,03 | 108,333... | 0,01873846154 |
| 2,99 | 183,333... | 0,01630909091 |
| 4,98 | 291,666... | 0,01707428571 |
| | | 0,01737394605 |

La densidad obtenida de la plasta inicial fue de 0,953 g/ml (con 3 cifras significativas), lo que también cuadra dado que la acetona hace reducir notablemente el volumen de este, siendo ésta más de 50 veces más densa.

Tabla 2. Densidad plasta inicial

| Peso (g) | Volumen (ml) | Densidad (g/ml) |
|----------|--------------|-----------------|
| 15,67 | 16,666... | 0,9402 |
| 22,72 | 25 | 0,9088 |
| 42,14 | 41,666... | 1,01136 |
| | | 0,95345333... |

La densidad obtenida de la plasta procesada, la que se utilizó para el ensayo de tracción, fue de 0,4614 g/ml con 4 cifras significativas, lo que quiere decir que cada kg de este ocupa 2,167 litros o $[(\text{dm})^3]$

Tabla 3. Densidad plasta procesada

| Peso (g) | Volumen (ml) | Densidad (g/ml) |
|----------|--------------|-----------------|
| 3,27 | 8,333... | 0,3924 |
| 8,15 | 16,666... | 0,489 |
| 12,57 | 25 | 0,5028 |
| | | 0,4614 |

4. Aplicaciones

Este material cuenta con múltiples aplicaciones. Además, con las modificaciones hechas a la mezcla y durante el proceso de obtención,

se consiguen propiedades que le otorgan un mayor número de aplicaciones. Algunas de las posibles aplicaciones de este material son las siguientes:

4.1. Unificación de superficies

Gracias a la cualidad de este material para adherirse a superficies, podría utilizarse como un "pegamento" que uniera una superficie que ha sufrido un impacto, fractura, etc.

Este material cuenta con la ventaja de que una vez seco es muy resistente, y en su forma líquida es muy adaptable a las formas en las que se necesite aplicar. Además, es muy resistente en exteriores.

4.2. Construcción

Dadas las cualidades que posee el poliestireno fibrado, podrían fabricarse por ejemplo entre otras cosas, bloques que servirían para la construcción de diversas infraestructuras o piezas de tamaños variados.

5. Conclusiones

Tras la obtención de este nuevo material y los estudios y experimentos realizados posteriormente, se ha llegado a la conclusión de que hemos obtenido un material con importantes características como la adherencia a superficies o la facilidad del transporte de grandes cantidades de poliestireno.

Por un lado, partir del ensayo de tracción, variando las capas de fibra de vidrio añadidas, concluimos que el límite elástico, la ductilidad y la tenacidad aumentan con el número de capas. Además, se obtuvo una mejoría del 25 % en el límite elástico, la resistencia se duplica y la tenacidad se triplica.

La tenacidad en energía por unidad de volumen con dos capas es comparable a la de aleaciones con Pb, polietileno de baja densidad o el doble que los aluminios menos tenaces. Su límite elástico a tracción es comparable, con dos capas, a tejidos musculares. Y las capas hacen saltar de 0,4 J por unidad de volumen para el poliestireno según datos bibliográficos a más de 6 con sólo una.

Por otro lado, una vez calculada las densidades, se llegó a la conclusión de que es más barato acarrear con el proceso de la disolución del poliestireno y transportarlo así.

Dado que cada kg de material ocupa algo más de 2 litros, en un contenedor estándar de unos 50 m³ podríamos introducir 23070 kg, unas 23 toneladas. Es 26.5 veces más compacto en este estado que en el poliestireno expandido original, lo que sobrepasa con creces el coste de extracción de la acetona posterior.

Por último, hay que destacar que el proyecto necesita de más pruebas e investigación para que pueda tratarse de un material apto para su venta y utilización.

6. Bibliografía

La información fue aportada por los miembros del grupo, algunas de las páginas que se utilizaron para contrastar información o recabar ideas, fueron:

[1] <https://doi.org/10.1002/macp.202100488>

[2] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X09000038>

[3] <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.06.095>

[4] [Edupack](#)