

Resina epoxi reforzada

A. Baquero, E. Gil, D. Fernández, D. Olivar

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:

Resina Epoxi
Fibra de Vidrio
Aramida
Propiedades mecánicas

ABSTRACT

Este experimento trata de comprobar cuál es el resultado de crear un bloque de resina epoxi reforzada con fibra de vidrio y fibra de aramida, así como estudiar qué propiedades se obtienen sometiendo, el resultado de la fabricación, a diversos ensayos y qué posibles aplicaciones podría tener en la industria.

© 2023 ESTRUMAT 2.0. All rights reserved.

1. Introducción

¿Qué sucedería si juntamos tres materiales con propiedades extraordinarias como lo son la resina epoxi, la fibra de vidrio y la de aramida? ¿Obtendremos un súper material con unas propiedades mejoradas de estos tres? o ¿Simplemente serán incompatibles? ¿Qué utilidades podría tener en la industria?

A continuación, se expondrá el proceso de unión de estos tres materiales en forma de bloque con una matriz de resina epoxi reforzada con fibra de vidrio y fibras de aramida en distintos formatos y disposiciones. El objetivo del estudio es investigar qué resultados podemos obtener de la unión de estos tres materiales y qué utilidades puede tener en la industria. Además, de si es posible la sustitución de un material convencional por el material investigado gracias a sus posibles beneficios. Todo ello se hace mediante la aplicación de ensayos mecánicos y químicos para determinar sus propiedades.

2. Materiales y métodos

La base de este experimento se basa en la unión de tres materiales, que son:

- Resina epoxi
- Fibra de vidrio
- Fibras de aramida

A continuación se describirá cada uno de ellos exponiendo sus principales características.

2.1. Resina epoxi

La resina epoxi es un tipo de resina termo endurecible que se utiliza ampliamente en una variedad de aplicaciones debido a sus propiedades excepcionales. Está compuesta por polímeros líquidos prepolimerizados conocidos como resinas epoxídicas, que se mezclan

con un agente de curado o endurecedor para iniciar una reacción química que resulta en un material rígido y duradero.



Fig. 1. Resina epoxi

2.1.1. Características de la resina epoxi

Alta resistencia mecánica: La resina epoxi es conocida por su alta resistencia a la tracción, compresión y flexión. Es **Baja contracción:** Durante el proceso de curado, la resina epoxi experimenta una contracción mínima. Esto significa que las piezas fabricadas con resina epoxi mantienen una forma y dimensiones estables después del curado.

Buena resistencia química: La resina epoxi muestra una buena resistencia a muchos productos químicos, incluyendo ácidos, bases, disolventes y productos químicos industriales. Esto la hace adecuada para entornos corrosivos y químicos.

Estabilidad térmica: La resina epoxi exhibe una buena estabilidad térmica, manteniendo sus propiedades mecánicas y estructurales en un amplio rango de temperaturas. Algunas resinas epoxi pueden resistir temperaturas de hasta 150-200 °C. Capaz de soportar cargas y tensiones significativas, lo que la hace adecuada para aplicaciones estructurales

Excelente adhesión: La resina epoxi tiene una adhesión excepcional a una amplia variedad de materiales, como metales, madera, vidrio, fibras sintéticas, cerámica, entre otros. Esto la convierte en una opción popular para el pegado y laminado de materiales.

2.2. Fibra de Vidrio

La fibra de vidrio es un material compuesto formado por filamentos delgados y flexibles hechos de vidrio fundido. Estos filamentos están compuestos principalmente de sílice (dióxido de silicio) y otros aditivos como óxido de aluminio, óxido de calcio y óxido de boro, que ayudan a mejorar las propiedades del material.



Fig. 2. Velo de fibra de vidrio

2.2.1. Características de la fibra de vidrio

Resistencia a la tracción: La fibra de vidrio tiene una alta resistencia a la tracción, lo que significa que puede resistir fuerzas de tensión sin romperse. La resistencia a la tracción de la fibra de vidrio puede variar según la calidad y el proceso de fabricación, pero generalmente tiene una resistencia comparable o superior a muchos metales.

Rigidez: La fibra de vidrio es un material rígido, lo que significa que tiene una baja deformación bajo carga. Esto permite que se utilice en aplicaciones donde se requiere rigidez estructural, como en la construcción de componentes de alta resistencia.

Resistencia al impacto: La fibra de vidrio es capaz de absorber energía durante un impacto sin romperse. Esto se debe a su capacidad para distribuir y disipar la fuerza del impacto a lo largo de su estructura. La resistencia al impacto de la fibra de vidrio puede mejorarse mediante la adición de capas adicionales o mediante el uso de resinas específicas en el proceso de fabricación.

Tenacidad: La tenacidad es la capacidad de un material para resistir la propagación de grietas o fracturas. La fibra de vidrio tiene una tenacidad relativamente alta, lo que significa que puede soportar tensiones y deformaciones sin fallar catastróficamente. Esto es especialmente importante en aplicaciones donde se requiere resistencia a la fatiga y durabilidad a largo plazo.

Resistencia a la compresión: La fibra de vidrio también muestra una buena resistencia a la compresión, lo que significa que puede soportar cargas de compresión sin sufrir deformaciones o fallas. Esto la hace adecuada para aplicaciones donde se requiere resistencia estructural en condiciones de carga compresiva.

2.3. Fibras de Aramida

Las fibras de aramida están compuestas principalmente de polímeros aromáticos de poliamida. La poliamida más comúnmente utilizada en las fibras de aramida es la poli(p-fenilentereftalamida) (PPD-T). Estos polímeros se caracterizan por tener una estructura química altamente ordenada y lineal, lo que contribuye a sus propiedades mecánicas superiores.

2.3.1. Características de las fibras de aramida

Alta resistencia a la tracción: Las fibras de aramida tienen una resistencia a la tracción excepcionalmente alta, siendo cinco veces más fuertes que el acero a igualdad de peso. Esta propiedad las hace adecuadas para aplicaciones que requieren materiales ligeros y fuertes.

Alta rigidez: Las fibras de aramida son extremadamente rígidas, lo que le confiere una alta resistencia a la deformación bajo carga. Esto las hace apropiadas para aplicaciones donde se necesita rigidez estructural.

Buena tenacidad: Las fibras de aramida también tienen una buena tenacidad, lo que significa que pueden resistir impactos y deformaciones sin romperse fácilmente.

Resistencia al calor y a los productos químicos: Las fibras de aramida son conocidas por su excelente resistencia al calor. Pueden soportar temperaturas de hasta 400-500 °C sin descomponerse ni perder sus propiedades mecánicas significativamente. Además, son resistentes a muchos productos químicos, como ácidos, álcalis y solventes orgánicos.

Resistencia al fuego: Las fibras de aramida son inherentemente resistentes al fuego y tienen una baja inflamabilidad. No propagan la llama ni gotean, y generan poco humo y gases tóxicos en caso de incendio. Por lo tanto, se utilizan ampliamente en aplicaciones donde se requiere protección contra el fuego, como ropa de protección para bomberos y militares.



Fig. 3. Cinta de fibra de aramida

2.4. Métodos

En este apartado se describirán los métodos de producción y ensayos realizados a las piezas.

2.4.1. Fabricación

Para la fabricación de la primera pieza y las consiguientes se mezcló la resina epoxi con la fibra de vidrio inicialmente y se removió para crear una mezcla homogénea. El siguiente paso fue aplicar una capa sobre el molde que hiciese de base de nuestra pieza, para la realización de nuestras tres piezas, se realizaron posteriores pasos diferentes para cada una de ellas, estos son:

1ª pieza: Se colocaron las fibras largas de aramida y se aplicó la segunda capa de resina, sobre esta se colocaron las fibras cortas de aramida y se aplicó la tercera capa de resina y por último se volvieron a colocar fibras largas de aramida y se volvió a aplicar una cuarta capa de resina. (Todas las fibras de aramida tienen la misma orientación)

2ª pieza: Se aplicó más resina epoxi con fibra de vidrio mezclada hasta completar el tamaño final de pieza, esta pieza no lleva fibras de aramida.

3ª pieza: Se colocaron fibras largas y cortas de aramida con orientaciones al azar para después cubrirlas con una capa de resina.

El último paso es dejarlas reposar para que curen y obtengan sus propiedades finales.

2.4.2. Ensayo de Tracción

Mide la resistencia que puede generar un material hasta que se rompe transversalmente cuando se le aplican fuerzas con direcciones opuestas bajo el mismo plano. El ensayo de tracción no ha podido realizarse debido a que las pinzas de sujeción de la pieza no podían soportar la carga aplicada.

2.4.3. Ensayo de Compresión

Prueba que se realiza para medir la resistencia a la compresión y el comportamiento de un material cuando se somete a una fuerza de compresión. La prueba se realiza posicionando la pieza en el suelo y colocando una masa sobre él, en este caso, una persona que pesa 90 kilos.



Fig. 4. Izquierda a derecha: Ensayo de compresión en Pieza 1, Pieza 2 y Pieza 3.

2.4.4. Ensayo de Impacto

Un ensayo de impacto es una prueba mecánica que se utiliza para evaluar la resistencia y la capacidad de absorción de energía de un material cuando se somete a un impacto repentino o una carga de choque. Este tipo de ensayo se utiliza comúnmente para evaluar la tenacidad y la fragilidad de los materiales, así como para determinar su comportamiento frente a situaciones de impacto o golpes. Para este ensayo las piezas se tiraron desde una altura de 60 cm, 1 m, 1,5 m y 2 m y con dos posiciones de impacto, de pie y tumbadas.

2.4.5. Ensayo de Flexión

Un ensayo de flexión es una prueba mecánica utilizada para evaluar la resistencia y la rigidez de un material cuando se somete a una carga de flexión. Este tipo de ensayo se realiza para determinar la capacidad de un material para soportar cargas aplicadas en una configuración de flexión, como una viga o una lámina, y para evaluar su comportamiento bajo estas condiciones. El ensayo se realiza elevando cada pieza por sus extremos y colocando una masa en el medio, en este caso, una persona que pesa 90 kilos.

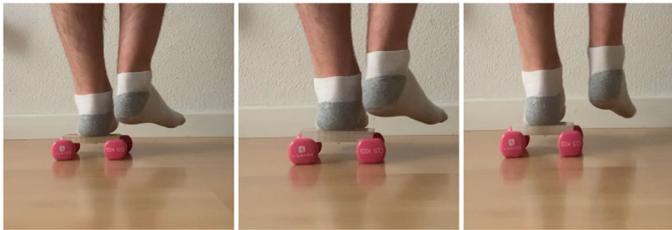


Fig. 5. Izquierda a derecha: Pieza 1, Pieza 2 y Pieza 3.

2.4.6. Ensayo de solubilidad en agua

En un ensayo de solubilidad en agua de una pieza se busca evaluar la capacidad del material para resistir la degradación o disolución cuando se expone al agua. En este ensayo, generalmente se sumerge la pieza durante un período de tiempo específico (1 hora), y luego se examina visualmente y se mide cualquier cambio en las propiedades físicas o dimensionales de la pieza.



Fig. 6. Ensayo de solubilidad

2.4.7. Ensayo de resistencia a la acidez

Es una prueba utilizada para evaluar la capacidad de un material para resistir la corrosión o daño causado por la exposición a ácidos. El objetivo del ensayo es determinar la resistencia del material a la acción química de los ácidos y su capacidad para mantener su integridad estructural y propiedades mecánicas bajo estas condiciones. Para ello se mantiene sumergida (1 hora) la pieza sobre un medio ácido, en este caso vinagre diluido en agua para simular la

acidez presente en la lluvia ácida. Se utilizaron recipientes con 500 ml, de los cuales 100 ml son de vinagre y 400 ml son de agua.



Fig. 7. Escala de pH y ensayo de acidez

3. Resultados

3.1. Resultados de la fabricación

El resultado de la fabricación fueron tres piezas macizas con sus correspondientes composiciones y con las disposiciones de estas. Las piezas 1,2 y 3 pesan 120, 175 y 144 gramos respectivamente. Fueron extraídas de sus moldes a los 2 días del comienzo de su curación.

3.2. Resultados del ensayo de tracción

A pesar de no haber podido realizar el ensayo de tracción, sostenemos la especulación de que debido a la gran capacidad de adhesión que presenta la resina epoxi y al valor de la resistencia a tracción de las fibras de aramida (hasta 3600 MPa) más la resistencia a tracción añadida por parte de la fibra de vidrio (2000 MPa), la pieza número 1 podría tener una resistencia a la tracción de entre 1500 y 3000 MPa, superior a la poseída por aceros convencionales e incluso siendo superior a la de aceros.

3.3. Resultados del ensayo de compresión

Todas las piezas superaron el ensayo de compresión satisfactoriamente, se vieron sometidas a una fuerza de compresión de 882 N, según la fórmula

$$\text{Peso} = \text{Masa} \cdot \text{Gravedad} \tag{1}$$

3.4. Resultados del ensayo de impacto

Las piezas superaron íntegramente el ensayo de impacto, a pesar de que, en alguna de las caídas, alguna de ellas sufrió algún desperfecto superficial. Tal y como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 1. Resultados de ensayos de impacto de pie

| De Pie | 60cm | 1m | 1,5m | 2m |
|---------|----------|----------|-----------|-----------|
| Pieza 1 | Superada | Superada | Superada | Superada |
| Pieza 2 | Superada | Superada | Superada | Superada* |
| Pieza 3 | Superada | Superada | Superada* | Superada |

Tabla 2. Resultados ensayos de impacto tumbada

| Tumbada | 60cm | 1m | 1,5m | 2m |
|---------|----------|----------|----------|-----------|
| Pieza 1 | Superada | Superada | Superada | Superada |
| Pieza 2 | Superada | Superada | Superada | Superada* |
| Pieza 3 | Superada | Superada | Superada | Superada |

* La pieza sufrió pequeños daños superficiales.

Podemos observar que la pieza menos dañada por impacto es la Pieza 1, una posible explicación es que la orientación ordenada de las fibras de aramida (material con gran tenacidad) en su interior hace que su capacidad de absorción de energía en el impacto sea mayor a la del resto de piezas y eso se traduzca en que no sufre daños superficiales. Otra posible justificación para ello es que al ser una pieza más liviana

que las demás, adquiere menos velocidad en la caída y que por ello la energía con la que impacta contra el suelo sea menor que la del resto de piezas y eso se traduzca en la ausencia de deformaciones al impactar.

3.5. Resultados del ensayo de flexión

Todas las piezas superaron satisfactoriamente el ensayo de flexión, se vieron expuestas a una fuerza de flexión con un momento de 48,51 N*m (Newton-metro), extraído de la fórmula

$$\text{Momento} = \text{Fuerza} * \text{Brazo de palanca} \quad (2)$$

Se especula que las piezas podrían soportar fuerzas de flexión mayores debido a la gran resistencia a flexión que poseen la fibra de vidrio (300-600 MPa) y las fibras de aramida (1,5-3,5 GPa).

3.6. Resultados del ensayo de Solubilidad en agua

Todas las piezas superaron satisfactoriamente el ensayo de solubilidad en agua, fueron sumergidas durante una hora en agua y ninguna de ellas se vio afectada, no se observaron disoluciones de la pieza ni cambios dimensionales de la misma por absorción de agua. Esto puede deberse a que la resina epoxi con su capacidad de resistencia al agua y de ser insoluble en la misma, actúa como un aislante insoluble hacia los componentes que alberga en su interior, que a su vez los mismos también presentan una importante resistencia al agua.

3.7. Resultado del ensayo de Resistencia a la acidez

Todas las piezas han superado con creces el ensayo de resistencia a la acidez que simulaba un ambiente ácido similar al que produce la lluvia ácida. No se observan a simple vista corrosiones ni degradaciones por parte del medio ácido. Si bien es cierto que el medio ácido presente debido a la lluvia ácida contiene un pH de entorno a 5, lo cual no asegura que las piezas puedan resistir a medios ácidos tan agresivos como los presentes con pH 1-2.

4. Conclusiones

No conocemos del todo las propiedades mecánicas de este material, pero bajo nuestra opinión estamos ante un material muy resistente a tracción y a compresión y con una gran capacidad de absorción de energía, habría que poner el material en sus límites para poder cuantificar sus máximas prestaciones en cuanto sus propiedades mecánicas. Esto abre la posibilidad de que sea un material que puede llegar a sustituir a algunos metales convencionales en aplicaciones como el uso de los trapecios en la suspensión de un automóvil, los tirantes de la suspensión de un automóvil, la barra Panhard en un automóvil, los cables verticales de suspensión de un puente, tornillos e incluso palas eólicas. También cabe destacar que las propiedades del material dependen directamente de las cantidades de los componentes que posea.

5. Bibliografía

- [1] American Chemistry <https://www.americanchemistry.com/ProductsTechnology/Epoxy-Resins> [Consulta: 13 de abril de 2023]
- [2] Composites World <https://www.compositesworld.com/> [Consulta: 23 de abril de 2023]
- [3] Gibson, R. F. (2012). Principles of Composite Material Mechanics. CRC Press.
- [4] University of Calgary: https://energyeducation.ca/Enciclopedia_de_Energia/index.php/Lluvia_%C3%A1cida#:~:text=La%20lluvia%20%C3%A1cida%2C%20sin%20embargo,d e%20la%20escala%20de%20pH [Consulta: 13 de mayo de 2023]