



Material compuesto de epoxi y serrín

C. Abarca, J. Cano, E. Corona, C. Novero

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 2019

Entrega Proyecto 15 Mayo 2019

Disponible online 20 Mayo 2019

Keywords:

Epoxi

Materiales compuestos

Propiedades mecánicas

ABSTRACT

En el presente artículo se ha expuesto el experimento del curso de Estructura de Materiales 2, el cual ha consistido en el desarrollo y síntesis de un material compuesto a base de una resina termoestable (epoxi) como matriz y de serrín o virutas de madera como disperso, a fin de que sirva como sustituto del MDF, al mejorar de forma clara las propiedades mecánicas del mismo. Cabe mencionar que han fabricado una serie de probetas las cuales han sido sometidas a ensayos de tracción, flexión en tres puntos y absorción de agua, para terminar comprobando de forma satisfactoria que se cumplían los objetivos ya mencionados.

© 2019 ESTRUMAT 2.0. All rights reserved

1. Introducción

El fibropanel de densidad media o MDF es un material compuesto por una matriz de adhesivo y un disperso de residuos de madera. Sus aplicaciones principales son la carpintería (elaboración de mobiliario) y la construcción. Sin embargo, se ha considerado que sus propiedades mecánicas podrían mejorar. Así pues, el objetivo del presente proyecto ha sido el de crear un material compuesto similar al mencionado, con las mismas aplicaciones, pero con propiedades mecánicas superiores.

2. Materiales y métodos

Para la realización del proyecto se ha optado por la fabricación y el posterior ensayo a tracción, flexión por tres puntos y absorción de agua de probetas de epoxi y virutas de madera o serrín. También se han realizado estos ensayos en las probetas de MDF para comparar las propiedades medidas en ambas.

2.1. Fabricación y herramientas

Las probetas se han fabricado haciendo uso de moldes de madera con la forma adecuada, se han usado como productos desmoldantes cera natural y alcohol polivinílico, aplicados ambos en los moldes siempre antes del vertido del material de las probetas. Una vez secos los productos desmoldantes se procedes a mezclar, en un vaso los componentes del epoxi (base y catalizador) y el disperso que queramos dotarle. Una vez bien mezclado se vierte en el molde y se deja curar. Pasadas 24 horas se pueden desmoldar, aunque hasta las 72 no finaliza la reacción química del epoxi por lo que no habrá adquirido todas sus propiedades.

Además, se han usado los siguientes instrumentos de medida, tanto para la fabricación como para la caracterización de las probetas y sus propiedades: microscopio óptico, báscula de precisión, báscula doméstica, calibre, reglas y cinta métrica, jeringuillas y se ha creado

un instrumento de medida del volumen de las probetas a través del principio de Arquímedes.



Fig. 1. Diversos instrumentos de medida, de izquierda a derecha: recipiente aforado, jeringuilla y báscula de precisión

2.2. Composición de las probetas

Para las probetas se han utilizado distintas proporciones tanto de epoxi como de serrín o viruta, a fin de tener el máximo abanico de posibilidades para escoger la cantidad de ambas más adecuada, es decir, que satisfaga las condiciones de servicio que se pretenden. Las virutas utilizadas fueron de pino (*Pinus sylvestris*) y roble (*Quercus robur*), la composición del serrín no se ha podido determinar, ya que se trata del residuo de un taller de ebanistería. El epoxi se adquirió en dos componentes por separado, la base y el catalizador, que se mezclaron en proporción de 100 de base y 32 de catalizador en peso. En el caso de este estudio, se utilizó una base EX 401 y un catalizador E432.

Las probetas realizadas han sido las siguientes:

- Probeta de tracción 1: compuesta 100% de epoxi a modo de probeta de control
- Probeta de tracción 2: compuesta de epoxi y virutas de pino alargadas
- Probeta de tracción 3: compuesta de epoxi y virutas de roble

- Probeta de tracción 4: compuesta de epoxi y serrín, se observa gran porosidad en una de las caras de la probeta
- Probeta de tracción 5: compuesta de epoxi y serrín, sin porosidad
- Probetas de tracción 6, 7 y 8: idénticas a la probeta 5 con distintas proporciones de serrín y epoxi



Fig. 2. De izquierda a derecha las probetas 1, 2, 3, 4 y 5 citadas previamente.

- Probetas 9 y 10 de flexión, de composición similar a la probeta 5 de tracción



Fig. 3. Probetas para ensayos de flexión, compuestas de resina epoxi y serrín reciclado

A continuación, se muestran una serie de micrografías, de las probetas 1, 3, 4 y 5.



Fig. 4. De izquierda a derecha, micrografías, a 45 aumentos, de las probetas 1, 3, 4 y 5

Como se puede observar, no se ha dado direccionalidad al disperso de las probetas, por tanto, deberían ser isotrópicas, propiedad que deseamos. Sin embargo, en las probetas 2 y 3, se podría dar cierto grado de anisotropía debido a que las virutas de madera se pueden haber orientado en cierta medida por las características del molde y de la forma de las virutas, no todas idénticas ni regulares, existiendo una cierta cantidad de ellas alargadas. Se pueden observar también dos defectos que pueden aparecer en la fabricación del material, por un lado, las porosidades que se encuentran en la probeta 4, provocadas por la sobresaturación de serrín y por otro, las burbujas de aire de la probeta 1; estos defectos podrían llegar a ser acumuladores de tensiones y fragilizar estas probetas, hemos tratado de evitar su aparición en la medida de lo posible.

2.3. Ensayos realizados

Con el fin de determinar las propiedades mecánicas y de durabilidad del material se han realizado los siguientes ensayos sobre las probetas:

Ensayos de tracción: se han utilizado una escalera de mano doméstica como soporte, un par de sargentas para actuar de mordazas y una serie de garrafas y cubos, fácilmente rellenables de agua, para realizar la

carga, además de diversos pesos como ladrillos, botellas y bloques de cemento.



Fig. 5. A la izquierda vista general de la realización de los ensayos de tracción, dentro de la base de la escalera se observa el cubo de agua y 3 garrafas colgando de la probeta que a la derecha se ve, en detalle, colocada entre dos sargentas sosteniendo todo

Ensayos de flexión: se han usado los mismos medios, sustituyendo las mordazas de sujeción por cuerdas y una llave acodada para hacer de punto de apoyo de la carga.



Fig. 6. A la izquierda detalle de una probeta de MDF en flexión y a la derecha vista general la probeta número 4 sosteniendo 27 kilos

Ensayos de absorción de agua: se han sumergido fragmentos de probetas de MDF y de nuestro material en vasos con agua y se ha comprobado su peso periódicamente, para determinar su tendencia a absorber agua.



Fig. 7. Cada vaso contiene un fragmento de una probeta de MDF y otro de la probeta 4

3. Resultados

3.1. Ensayos de tracción

Desgraciadamente nuestros medios para la realización de los ensayos de tracción se han mostrado insuficientes para las propiedades logradas en el material. Se ensayó en primer lugar la probeta 1 (de control), llegando a cargar 32 kg sin conseguir una deformación apreciable. Posteriormente se intentó con la probeta 4 (epoxi y serrín) y bajo la misma carga se observó una mínima elongación, inferior al milímetro y de carácter elástico.

Ante estos resultados, se utilizó la herramienta del sintetizador del programa CES EduPack para estimar la resistencia a tracción del material, como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 1. Tabla de valores de propiedades mecánicas del material compuesto simulado epoxi-serrín

Mechanical properties			
Young's modulus	Ⓜ	2,66	2,82 GPa
Yield strength (elastic limit)	Ⓜ	37,7	70,3 MPa
Tensile strength	Ⓜ	46	96,7 MPa
Compressive strength	Ⓜ	89,9	137 MPa
Flexural modulus	Ⓜ	2,68	2,82 GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	Ⓜ	89,2	136 MPa
Shear modulus	Ⓜ	0,851	0,912 GPa
Bulk modulus	Ⓜ	2,79	2,99 GPa
Poisson's ratio	Ⓜ	0,385	- 0,406

3.2. Ensayo de flexión por tres puntos

Se procedió en primer lugar a ensayar una probeta de flexión de DM, para partir de una base de la que se pueda comparar. Esta probeta contaba con una anchura de 10 mm (+-0,1 mm) y una altura de 15 mm (-0,1 mm), se colocó en suspensión mediante dos cuerdas, con una separación entre apoyos de 105 mm (+-1 mm) y usando otra cuerda, situada entre medias de los dos apoyos, se fue cargando, primero colgando un cubo de agua hasta llenarlo y posteriormente con bloques y ladrillos de hormigón. Finalmente partió cuando soportaba 27 kg (+- 0,1 kg). Se calcula la carga máxima a rotura mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{PS}{bw^2} \quad (1)$$

El resultado es 18,5 MPa (+-0,2). Posteriormente se realizó el mismo procedimiento con la probeta número 4, de 6,2 mm (+-0,01) de ancho por 20,6 (+-0,01) de alto, con una separación entre apoyos de 95mm (+-1), finalmente rompió soportando 38,7Kg (+-0,1) lo que, usando la fórmula (1) da un resultado de 20,54 MPa (+-0,2).

3.3. Ensayo de absorción de agua

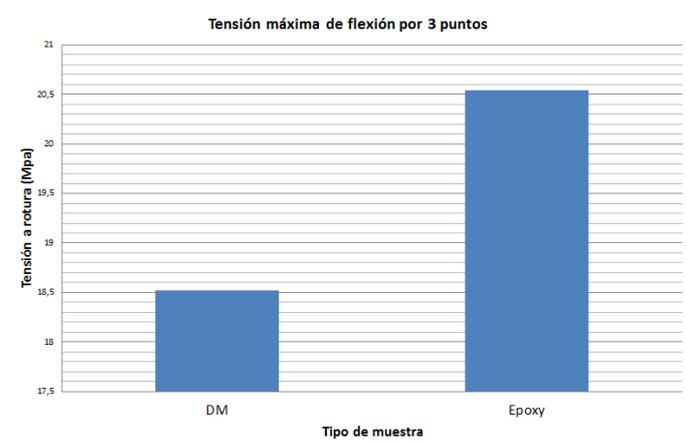


Fig. 8. Resultado de los ensayos de flexión por 3 punto: a la izquierda el MDF aguanta 18,5MPa y a la derecha la probeta número 4 aguanta 20,5Mpa

3.4. Ensayo de absorción de agua

Partiendo de cuatro fragmentos de la probeta 4 y otros cuatro de la probeta de MDF, se observa que tras 24 horas de inmersión los fragmentos de MDF han absorbido de media un 60% en peso de agua y se aprecian ligeramente hinchados. Por su parte los fragmentos de la probeta 4 han absorbido de media un 1% en peso de agua, a simple vista no se observa ningún cambio.

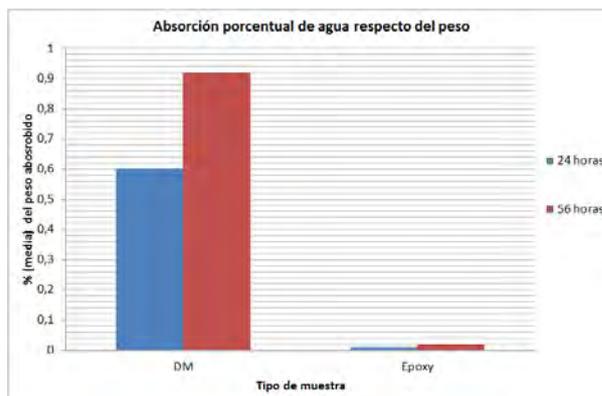


Fig. 9. Resultados de los ensayos de absorción de agua, en azul tras 24 horas y en rojo tras 56. Se observa que la absorción del MDF (izquierda) es considerablemente mayor que la de nuestro material (derecha)

4. Precio

El coste de la resina epoxi en este estudio ha ascendido a 23 €/Kg, el serrín ha resultado gratuito gracias a que se ha obtenido de un taller de ebanistería, donde se considera un residuo. Suponiendo una composición del 77 % de epoxi y 13 % de serrín el coste de materia prima sería de 18 €/Kg, a lo cual habría que sumar el coste de manufactura. No obstante, en estos cálculos se tienen en cuenta los precios al por menor, por lo que el precio al por mayor, con toda seguridad, será menor. A modo orientativo, el epoxi cuesta aproximadamente 2 €/Kg.

5. Conclusiones

De entre las distintas probetas fabricadas consideramos que las más interesantes son aquellas que se componen de epoxi y serrín ya que son aquellas que permiten usar material reciclado, lo cual reduce el precio, garantiza la isotropía y disminuye el impacto medioambiental. Poniendo especial atención en este compuesto, formado por 0,15 partes de serrín por cada parte de epoxi (punto cercano a la saturación de la mezcla en estado líquido) y en base a las micrografías se puede extraer que las partículas de serrín, consideradas indeformables y en gran número de ellas, aportan a la matriz de epoxi mayor rigidez y módulo elástico, además como la matriz no pierde continuidad y es muy adherente, la resistencia a tracción no debería verse muy afectada. Ayuda también a rebajar la densidad del material, siendo la densidad del epoxi 1,36 g/ml y la de la probeta 15 igual a 1,15g/ml.

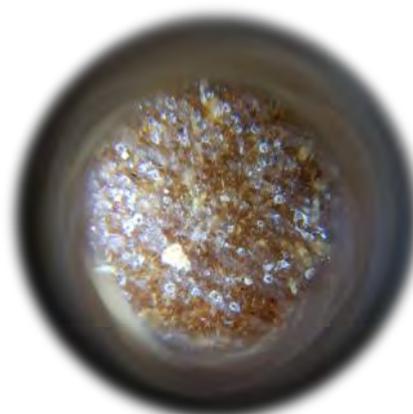


Fig. 10. Micrografía de la probeta 5 a 45 aumentos. Se aprecia la gran cantidad de partículas de serrín, el epoxi no se distingue debido a su transparencia

En base a los datos obtenidos en el estudio, se puede concluir que el material desarrollado posee mejores propiedades mecánicas que el MDF, ya que posee mayor resistencia a flexión a tres puntos (20,54 MPa > 18,5MPa). Además, es más resistente a ambientes húmedos que el MDF, ya que tiene una menor tasa de absorción de agua (1% < 60%).

Otras propiedades como el límite elástico y el módulo elástico serían bastante altas, a pesar de no haber podido determinarse el valor exacto, superiores al MDF 1 y más que suficientes para las aplicaciones para las que ha sido pensado.

Asimismo, cualitativamente se observa que el material es duro, resistente y compacto, a pesar de una densidad moderada y es difícil de arañar. Además, es agradable al tacto sin haber aplicado tratamientos superficiales y en parte es ecológico ya que una fracción del material es residuo reciclado de la industria maderera. Sin embargo, esta mejora en las propiedades mecánicas tiene repercusión en su precio, que es superior al del MDF.

6. Agradecimientos

A la empresa GNR ebanistería por su aportación en la fabricación de los moldes empleados y de serrín:



Fig. 11. GNR ebanistería (Avenida del Guijar, 3, Arganda del Rey, 28500 Madrid)

A la Universidad Politécnica de Madrid en general y a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puentes por los medios brindados y el personal docente, y a Jose Ygnacio Pastor, como profesor, y Elena Tejado, Sandra Tarancón y Jaime Orellana como profesores y miembros del jurado por su implicación y su labor docente.

7. Bibliografía:

- [1] Güemes, A.; Martín, N., (2012), *Ciencia de Materiales para ingenieros*, Madrid, España, PRENTICE-HALL.
- [2] *Software Ces Edupack*, por Granta Design Limited.