

Desarrollo de un nuevo SMC sostenible con una resina termoplástica

Autores: D. Martín Crespo¹, A. Santiago Bethencourt², D. Sánchez García², P. Ares-Elejoste³, K. Gondra³, R. Verdejo¹, M. López-Manchado¹.

¹Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP-CSIC), Juan de la Cierva 3, 28006-Madrid, España.

²Gonvarri Industries, Prolongación de Embajadores s/n 28053-Madrid, España.

³Centro Tecnológico Gaiker, Parque Tecnológico, Ed. 202, 48170-Zamudio, España.

lmanchado@ictp.csic.es



Resumen

El SMC (*sheet molding compound*) es un material compuesto comúnmente usado para fabricar piezas por un proceso de moldeo por compresión en caliente. Este compuesto cuenta con dos características claves para el sector de la automoción: permite producir piezas con una elevada cadencia y presenta una gran flexibilidad para el diseño de piezas de diversas formas y tamaños. Su gran inconveniente, como el de los materiales compuestos, en general, es que no se pueden reciclar y al final de su vida útil terminan almacenados en vertederos. En este trabajo, presentamos un nuevo SMC sostenible fácilmente reciclable mediante el uso de una resina termoplástica líquida patentada en el CSIC.

Palabras clave: SMC, Material Compuesto, Resina Termoplástica, Automoción, Reciclabilidad.

Abstract

SMC (*sheet molding compound*) is a composite material commonly used to manufacture parts by a hot compression moulding process. This composite has two key characteristics for the automotive sector: it allows parts to be produced at a high rate of production and it has great flexibility for the design of parts of various shapes and sizes. However, like other composite materials, its primary drawback lies in the limited recyclability, resulting in their disposal in landfills at the end of their lifespan. In this work, we present a new and sustainable SMC using a liquid thermoplastic resin patented at CSIC.

Keywords: SMC, Composite Material, Thermoplastic Resin, Automotive, Recyclability.

El SMC: qué es y su proceso de fabricación

El *Sheet Molding Compound* (SMC) es un material compuesto empleado en la fabricación de piezas con una alta rigidez y resistencia, bajo peso y un excelente acabado. Se comercializa en forma de lámina para su moldeo por compresión en caliente alta en procesos que requieran una alta cadencia [1].

El SMC está compuesto básicamente por dos sistemas: una pasta de impregnación, formada por una resina termoeslable con cargas minerales y otros aditivos, y fibras cortas, de vidrio o carbono. La fabricación de la pasta se realiza mezclando una resina de poliéster, vinil éster o epoxi con diferentes aditivos y cargas con agitación constante (**Figura 1**). Una formulación típica se indica en la **Tabla 1**.

Una característica clave de esta pasta es su viscosidad, debe ser tal que le permita im-

pregnar las fibras y debe ser capaz de aumentar durante su etapa de almacenamiento, también llamada de maduración, para facilitar el manejo del producto final y asegurar la homogeneidad de la fibra durante el moldeo. Para este proceso de maduración se emplean agentes de maduración, principalmente el óxido de magnesio.

Una vez obtenida una mezcla homogénea, la pasta se lleva a la línea de impregnación que está compuesta por unas cajas dosificadoras y dos cintas transportadoras con films antiadherentes. La pasta se deposita formando una capa sobre la que se deja caer de forma aleatoria la fibra y se cubre con una segunda capa de pasta formando una estructura tipo "sandwich" (**Figura 2**). Esta estructura se pasa a través de una serie de rodillos de compactación, con el objetivo de asegurar una correcta impregnación de las fibras, y finalmente se





Figura 1. Elaboración de la pasta de impregnación.

bobina para su almacenamiento. En las máquinas de SMC, la fibra se corta en múltiples de 12,7 mm siendo la longitud más habitual 25,4 mm. En la **Figura 3**, se muestra un esquema de una línea de producción de SMC.

Previo a su comercialización, el material se almacena bajo unas condiciones de temperatura específicas, entre 5-25°C, para su maduración según la reacción que aparece en el **Esquema 1**.

Este proceso de maduración es un paso clave, ya que el SMC debe alcanzar el punto óptimo de viscosidad para su moldeo, y suele durar alrededor de 7-10 días, en función de

la formulación. Se recomienda mantener el SMC refrigerado para alargar su período útil de utilización hasta los 3 o 6 meses.

La producción de las piezas finales se realiza mediante un proceso típico de moldeo por compresión en caliente, cortando y colocando el material necesario conforme al volumen del molde y aplicando una temperatura de unos 140-150 °C y una presión entre 50-120 bares. Se requieren tiempos muy cortos de aproximadamente unos 30-60 segundos por milímetro de espesor de la pieza por lo que se alcanzan velocidades de producción muy altas [2].

Tabla 1. Formulación típica de un SMC de poliéster con fibra de vidrio.

Material	Ingrediente	Partes en peso	Función
Pasta de impregnación	Poliéster insaturado	100	Resina
	Carbonato cálcico	150-200	Carga
	Estearato de Zinc	3-4	Agente desmoldeo interno
	Ésteres de ácido fosfórico	1-2	Humectante
	Solución de poliestireno en estireno	5	Agente de anticontracción
Refuerzo	Perbenzoato de terc-butilo	1-1,5	Catalizador
	MgO	3-4	Agente madurador
	Fibra de vidrio corta	25-35	Refuerzo



Figura 2. Incorporación de la fibra corta en la pasta.

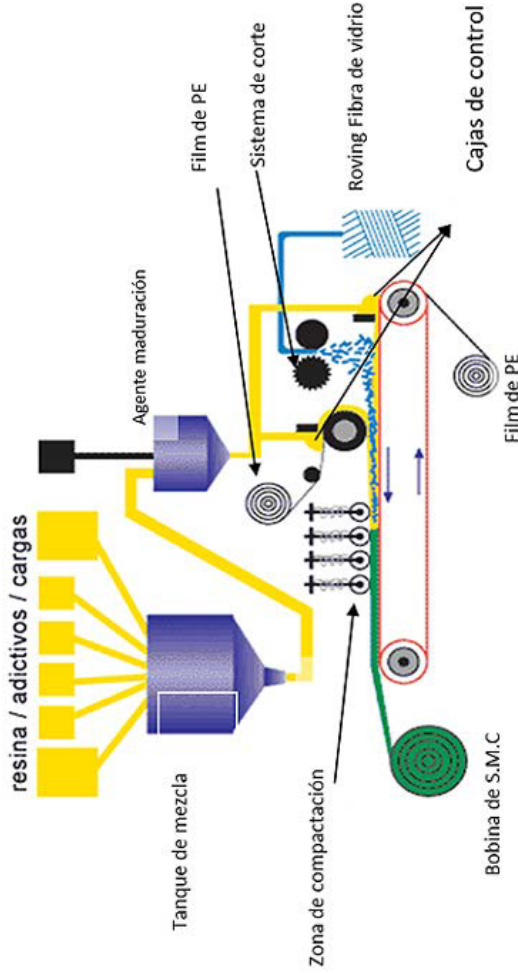


Figura 3. Esquema del proceso de SMC.

En la **Tabla 2** se indican algunas propiedades típicas de un SMC de poliéster insaturado reforzado con un 25 % de fibra de vidrio corta.

Aplicaciones del SMC

Uno de los principales sectores en los que se utiliza el SMC es el de la automoción para la fabricación de piezas para la carrocería, gracias a sus excelentes prestaciones mecánicas, acabado superficial, y bajo peso, lo que disminuye el peso final del vehículo y con ello, se reduce el consumo de combustible [3-5].

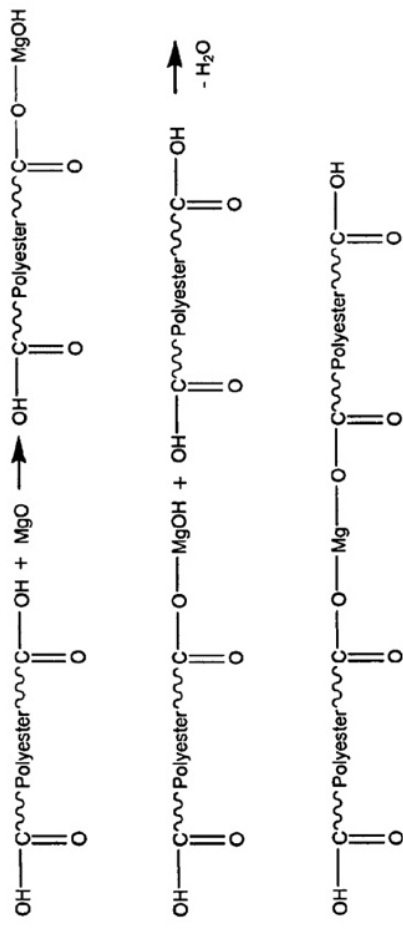
Su historia está ligada desde el principio a este sector puesto que se desarrolló por la compañía Bayer AG en Alemania a principios de la década de 1960 y gracias a la compañía Owens Corning Fiberglass se implantó en EEUU. Fue aquí donde se experimentó el auge de esta técnica para la fabricación de los paneles exteriores de las carrocerías de los vehículos. En general, se considera que la primera pieza automotriz de SMC comercial-

Tabla 2. Propiedades mecánicas de un SMC de poliéster y fibra de vidrio.

Propiedad	Valor
Densidad	1,1-2,0 g/cm ³
Fuerza de impacto	4-11 J/cm
Resistencia a flexión	120-230 MPa
Módulo a flexión	10-15 GPa
Resistencia a tracción	55-125 MPa
Módulo a tracción	7-14 GPa

zada en Estados Unidos es el deflector de aire trasero de las camionetas Chrysler en 1969 [6]. Desde entonces, el SMC se ha convertido en el material más utilizado para la fabricación de diferentes piezas de la carrocería [7] (**Figura 4**).

El uso del SMC no se limita únicamente al



Esquema 1. Reacción de maduración de la resina.

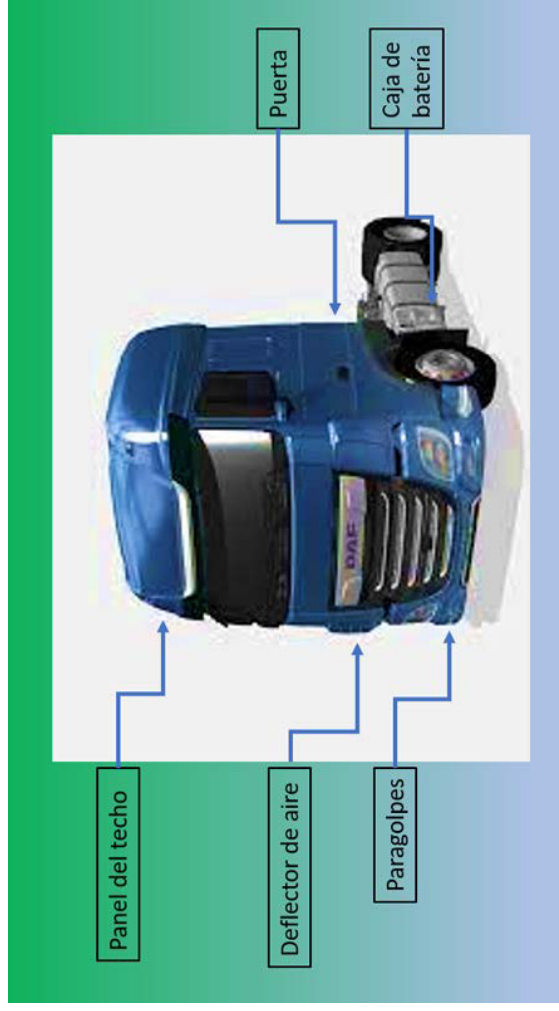


Figura 4. Componentes fabricados con SMC para la carrocería de la cabeza tractora de un camión.



Figura 5. Ejemplos de piezas realizadas por SMC.

sector del automóvil, ya que los cortos períodos de producción y la capacidad de introducir diferentes aditivos en el material para adaptar sus propiedades a la aplicación final, ha expandido su uso a otros sectores como la industria aeroespacial, electrodomésticos, equipos electrónicos o la construcción [8] (**Figura 5**).

Desarrollo de un SMC sostenible

El principal problema de los materiales compuestos reforzados con fibra, entre los que se encuentra el SMC, es que la matriz es una resina termoestable que se entrecruza químicamente, lo que hace que el material no se pueda termoconformar ni reciclar al final de su vida útil. Para aportar circularidad a los materiales compuestos en general, el CSIC patentó una resina termoplástica líquida, Akelite, que permite fabricar materiales 100% reciclables [9]. Ahora, una colaboración entre el CSIC, Gonvarri Industries y el centro tecnológico Gaiker está abordando el desarrollo de un SMC sostenible. Para ello, se está adaptado la formulación de la resina para producir un SMC de resina termoplástica con fibra de vidrio, que se permita reutilizar y reciclar fácilmente las piezas fabricadas.

En la **Figura 6**, se puede observar la fabricación del SMC con la resina Akelite y fibra de vidrio corta, utilizando la línea de impregnación presente en las instalaciones de Gaiker. Se obtuvo un SMC con un buen aspecto superficial, el cual se almacenó por debajo de los 25 °C durante 7-10 días hasta alcanzar el punto de maduración óptimo para su uso.

Se optimizaron las condiciones de moldeo, fijándose en una temperatura de 105 °C y 100 bares de presión. En estas condiciones se requieren 30 segundos por cada milímetro de espesor de la pieza. Es importante destacar que la temperatura de procesamiento está muy por debajo de los 140-150 °C que se requiere para moldear los SMC comerciales, lo que supone un importante ahorro energético.

La **Figura 7** muestra unas piezas realizadas con el SMC termoplástico con un óptimo acabado superficial y en la **Tabla 3** se recogen



Figura 6. Fabricación del SMC termoplástico en la línea de producción de SMC en las instalaciones de Gaiker.





Figura 7. Piezas realizadas con el nuevo SMC termoplástico.

Tabla 3. Comparativa de valores de propiedades entre SMC de poliéster (estándar) y SMC de Akelite.

Propiedad	SMC Poliéster	SMC Akelite
Densidad (g/cm ³)	1,1-2,0	1,1-1,7
Resistencia a flexión (MPa)	120-230	270-290
Módulo a flexión (GPa)	10-15	11-12,5

sus propiedades mecánicas comparándolo a las de un SMC comercial de resina de poliéster.

Las propiedades a flexión del SMC termoplástico son superiores a las del SMC comercial, lo que implica la viabilidad de usar este nuevo SMC a nivel industrial. No obstante, se están analizando otras propiedades como el comportamiento a tracción, a impacto o la absorción al agua para evaluar las prestaciones del SMC termoplástico.

Agradecimientos

Los autores agradecen al MICINN proyecto PDC2021-120853-I00 y al CDTI proyecto PTAS20211010 por la financiación recibida.

Conclusiones

Dentro del proyecto Aceficore, y con la estrecha colaboración entre Gonvarri, Galiker y el Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros del CSIC, hemos desarrollado un nuevo SMC reciclable a partir de una resina termoplástica, Akelite, recientemente patentada por el CSIC. El SMC termoplástico se moldea a 105 °C, muy por debajo de los 140-150 °C necesarios para procesar los SMC comerciales, lo que supone un importante ahorro energético. Se han obtenido piezas con mejores propiedades mecánicas y, además, este SMC es fácilmente reciclable recuperando la resina y la fibra en óptimas condiciones. Se van a fabricar demostradores de piezas de automóvil para validar su viabilidad a nivel industrial.

Referencias

1. Mallick, P.K., Processing of polymer matrix composites, CRC Press, Boca Raton, 2017, ISBN 9781315157252.
2. Wu, Z.Y., Fu, Y., Zheng, P., Zhang, Y.L., Gu, H.J., Chen, X.P., Lu, L., Wei, J. Mechanical transverse tensile crack propagation of unidirectional fiber reinforced epoxy SMC slice imbedded in a TDCB specimen, *Composite Structures*, 2023, 303, 116271.
3. Warren, C.D. Carbon fiber in future vehicles. *Sampe Journal*, 37(2), 7-15 (2001).
4. Jang, C., Quagliato, L., Murgesan, M., Kim, D., Lee, C., Kim, N. Material property of metal skin-sheet molding compound laminate structures for the production of lightweight vehicles body frame. *Procedia Engineering*, 207, 878-883 (2017).
5. Cabrera-Ríos, M., Castro, J.M. An economical way of using carbon fibers in sheet molding compound compression molding for automotive applications. *Polymer Composites*, 27(6), 718-722 (2006).
6. Plastics Technology. No.7- Sheet Molding Compound. <https://www.ptonline.com/articles/no-7---sheet-molding-compound>

7. Bruderick, M., Denton, D., Shinedling, M., Kiesel, M. Applications of carbon fiber SMC for the Dodge Viper. In *Proceedings to Automotive Composites Conference & Exhibition (ACCE)*, Detroit (2013).
8. Setyanto, D. Characterization and evaluation of sheet molding compound roof tiles. *Procedia Engineering*, 95, 498-503 (2014).
9. Verdejo, R., Lopez Manchado, M.A., Santiago Bethencourt, A. "Polímeros reforzados con fibras basados en matrices termoplásticas" (Patent NO. PCT/ES2021/070751) (2021).