

Desarrollo de componente plástico para automoción con función sensorica integrada en tejido inteligente

Alberto Tielas Macía¹, Vicent Martinez², Ana Piñeyro³.

Resumen

La adopción de nuevas soluciones más ligeras, compactas y respetuosas con el medio ambiente para el diseño de componentes del sector automoción es un valor añadido que supone una pieza fundamental en los desarrollos de los nuevos conceptos de vehículo. En esa línea se sitúa el proyecto SMARTCOVER, liderado por CTAG en colaboración con AIMPLAS y CETEMMSA y apoyado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). SMARTCOVER busca implantar la metodología denominada "Assembly Design" en el diseño de una botonera de puerta de vehículo, integrando en una sola pieza el tejido, la botonera y el soporte del reposabrazos, gracias a la combinación de un tejido sensor con capacidad táctil, un recubrimiento protector y un soporte termoplástico sobre-inyectado.

Palabras clave

Assambly desing, panel de puerta, objetos o dispositivos inteligentes, tejido electroluminiscente, extrusión de láminas espumadas.

Abstract

The adoption of novel lighter and more compact and eco-friendly solutions for the design of components in the auto-

mobile sector becomes an added value that means a fundamental part in the development of new concept cars. Within this line is placed the SMARTCOVER project, led by CTAG in collaboration with AIMPLAS and CETEMMSA and supported by the Spanish Ministry of Science and Innovation and by the European Regional Development Fund (ERDF). SMARTCOVER aims to establish the "Assembly Design" methodology in the design of a button panel from a vehicle door, integrating the fabric, the button panel and the armrest support in only one part by means of the combination of a sensor textile with tactile properties, a protector covering and a back-injected thermoplastic support.

Keywords

Assembly Design, dDoor panel, Smart Objects, electroluminescent fabric, foaming extrusion sheets

Antecedentes

Uno de los problemas más comunes y de mayor envergadura que se detecta hoy en día en la industria es el incremento del número de referencias originado por la mejora de las funcionalidades de los nuevos productos para responder a las exigencias del nuevo modelo de consumidor. Este hecho ocasiona enormes costes derivados por del incremento de la complejidad de los procesos de fabricación, del aumento de las etapas intermedias de proceso, y de las cadencias de producción, del encarecimiento de la logística de transporte, de la ampliación de los stocks intermedios, etc.

El sector de la automoción no está exento de padecer este problema, no sólo por las nuevas demandas del mercado, sino también por la situación cada vez más competitiva en la que se ubica el sector. Se estima que esta situación irá en ascenso ya que los últimos modelos comercializados incluyen cada vez más accesorios. Un buen ejemplo de esta evolución creciente es la botonera del panel interior de puerta del piloto. Los sistemas electrónicos instalados en la puerta del conductor han evolucionado significativamente en las últimas décadas, desde la antigua manivela para las ventanillas hasta los sistemas actuales que disponen de infinidad de botones, no sólo los elevadores de las cuatro ventanillas, sino también toda la botonería que controla el cierre de seguridad de puerta para niños, y hasta la regulación de los retrovisores y su sistema térmico anti-vaño, por mencionar algunos de los más familiares. Toda esta cantidad de actuadores y partes móviles que se integran en los sistemas de panel interior de puerta conllevan además una

¹ Coordinador Producto Plástico
Centro Tecnológico de Automoción de Galicia (CTAG)
P.I. A Granxa p. 249-250
36400 - O Porriño - Galicia
Correo electrónico: alberto.tielas@ctag.com
Tel.: (+34) 986 900 300 - Fax: (+34) 986 900 301

² AIMPLAS Instituto Tecnológico del Plástico
Gustave Eiffel, 4
València Parc Tecnològic
Apdo. 51
46980-PATERNA-Valencia
Correo electrónico: vmartinez@aimplas.es
Tel.: (+34) 961 366 040 - Fax: (+34) 961 366 041

³ Centro Tecnológico CETEMMSA
Jaume Balmes 37-39
08301- Mataró- Barcelona
Correo electrónico: apineyro@cetemmsa.com
Tel.: (+34) 93 741 91 00 - Fax: (+34) 93 741 92 28



Fig. 1. Evolución de la botonera de los paneles de puerta (Der. VW Golf Serie 3, Izqda. Citroën C4 Picasso)

serie de problemas mecánicos asociados debido a la generación de ruidos y vibraciones y al desgaste por rozamiento, que reducen sustancialmente el tiempo de vida útil del componente. Todo este intrincado sistema implica un diseño cuidadoso que tenga en cuenta todos estos factores, lo cual se traduce en el incremento de las exigencias técnicas requeridas, a los materiales empleados y su correspondiente coste, así como en una mayor inversión en la validación del componente.

El proyecto

El consorcio liderado por el Centro Tecnológico de Automoción Galicia (CTAG) dentro del proyecto “*Desarrollo de componente plástico para automoción con función sensorica integrada mediante forrado con tejido inteligente (SMARTCOVER)*” busca promover, dentro de sus líneas estratégicas de desarrollo tecnológico para la mejora de la competitividad del sector automoción y la reducción del impacto ambiental, la adopción de la filosofía de diseño conocida como “*Assembly Design*”, alineada con el concepto de Eco-Diseño, según la cual el producto final debe ser diseñado teniendo siempre presente el concepto de simplificación del ensamblaje^{i,ii}.

Por tanto, la finalidad última de este proyecto es la de desarrollar un demostrador prototipo de botonera de puerta, viable para automoción, que integre todas las funcionalidades en un sólo sistema, gracias a la combinación del forrado con un tejido con capacidad sensorica y un sustrato plástico compatible. Con este nuevo desarrollo se busca no sólo re-

ducir los costes totales del componente manteniendo la funcionalidad, calidad y fiabilidad del sistema, sino que además se pretende eliminar problemas relacionados con el creciente número de partes móviles (desgastes, rozamientos, vibraciones, etc.) con el consiguiente aumento de la vida útil del producto. Asimismo, la disminución de eliminar referencias implicará la disminución del peso final de la pieza, además de la reducción de la diversidad de materiales empleados, lo cual se traduce en la mejora de la reciclabilidad del mismo y del impacto medioambiental asociado.

Este proyecto, iniciado en 2009 y apoyado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (PID-560410-2009-5) y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), se lleva a cabo en colaboración con un equipo multidisciplinar de expertos integrados en un consorcio coordinado por el Centro Tecnológico de Automoción Galicia (CTAG), especializado en materiales y procesos en automoción, en el que también participan como son el Instituto Tecnológico del Plástico (AIMPLAS), especializado en tecnología de materiales poliméricos, y de el Centro Tecnológico Fundación CETEMMSA, especializado en objetos y tejidos inteligentes.

Tejido sensor

Los tejidos sensores son elementos textiles que proporcionan una señal eléctrica como respuesta a un tipo determinado de energía que actúa sobre el tejido (mecánica, térmica, luminosa o química). Actualmente es posible desarrollar tejidos sensores utilizando materiales con propiedades pie-

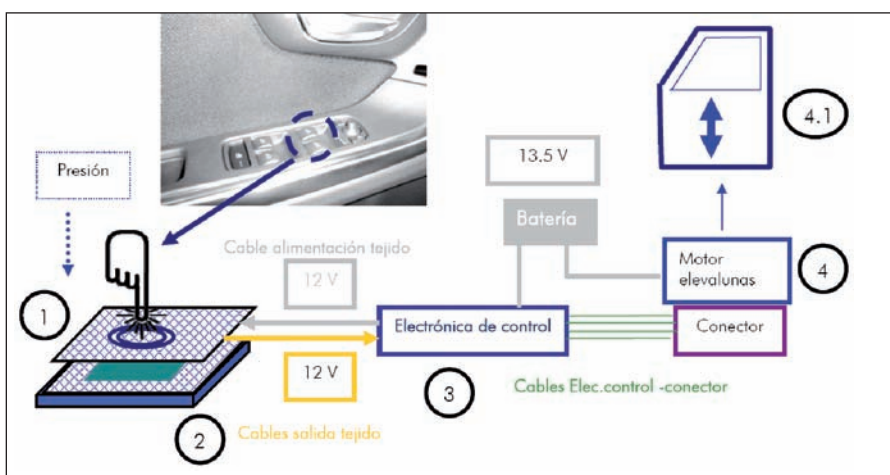


Fig. 2. Esquema del demostrador prototipo final.

LEYENDA

1. Presión del usuario.
2. Activación del tejido.
3. Interpretación de señal en electrónica de control.
4. Activación del motor elevavinas.
- 4.1 Subida/bajada ventanilla.

zoeléctricas, resistivas, fotovoltaicas, etc., junto con las técnicas constructivas propias del ámbito textil. Los tejidos conductores son materiales textiles dotados de conductividad eléctrica y constituyen la base tecnológica para la creación de sensores y actuadores textiles.

Estos tejidos conductores se consiguen combinando las materias textiles tradicionales con elementos intrínsecamente conductores, como son los metales, la fibra de carbono y los polímeros conductores, en las diferentes fases de procesamiento de la materia textil: hilatura, tejeduría y acabados (principalmente procesos de recubrimiento y co-teado, impresión y bordado)ⁱⁱⁱ.

Los procedimientos y las tecnologías empleadas en la construcción de electro-textiles son diversos y es un campo en continuo desarrollo. Los siguientes son algunos de los procesos más utilizados:

- Torsión de fibras o monofilamentos metálicos (acero inoxidable, plata, cobre) junto con materias textiles convencionales, para crear hilos metálicos conductores usados en tejeduría de calada, punto por recogida, punto por urdimbre, etc.;
- Recubrimiento de hilos o multifilamentos de materias textiles no conductoras, principalmente poliamida (PA) y poliéster (PES), con filamentos metálicos (plata, cobre) mediante tecnología core-spun.;
- Recubrimiento con partículas conductoras metálicas o poliméricas de fibras, hilos y tejidos de diversas estructuras, compuestos principalmente de poliamidas o poliésteres PA o PES, mediante diferentes técnicas de co-teados.;
- Deposición de tintas conductoras metálicas y poliméricas mediante sistemas de impresión como ink jet o serigrafía.

En función de las propiedades físicas, mecánicas y eléctricas de los textiles conductores, y tomando como base los principios físicos de medición de la señal eléctrica, un textil conductor puede ser utilizado como una resistencia, un condensador o una inductancia de forma que al incidir so-

bre él mediante determinados estímulos físicos se genere una variación en su resistencia, capacidad o inductancia, respectivamente. De esta forma es posible obtener tejidos con funciones sensoras que, dependiendo de su estructura y composición, son capaces de adquirir información a partir de diferentes parámetros: presión, tracción, flexión, movimiento, temperatura, humedad, parámetros fisiológicos, etc. y transformarla en una señal eléctrica que puede ser medida^{iv}.

El uso de estos sensores textiles junto con actuadores y procesadores de datos, posibilita la creación de objetos inteligentes (Smart Objects) capaces de interactuar con el entorno y con el usuario. En estos sistemas inteligentes, la unidad sensora capta el estímulo exterior y lo transforma en una señal eléctrica que transmite a la unidad procesadora. Esta analiza la señal, elabora una solución y envía un comando a la unidad actuadora que responde frente al estímulo mediante la acción determinada.

El Centro Tecnológico **CETEMMSA** aporta su experiencia al proyecto SMARTCOVER su experiencia en el área de sistemas inteligentes de base textil (Smart Textiles y Smart Objects). Este tejido sensor con función táctil para la botonera de puerta de vehículo será capaz de detectar la presión ejercida por el usuario en una determinada zona, y emitir una señal eléctrica que será analizada por la unidad procesadora que emitirá la señal de activación del motor elevavinas. Este tejido consiste en un dispositivo compuesto por un sensor textil piezoresistivo de estructura multicapa (A), un actuador textil electro-luminiscente (B), un tejido exterior con funciones hápticas (C) y una unidad procesadora (D).

Los sensores resistivos de estructura multicapa se basan en la medición de la variación de resistencia entre dos electrodos (A y B), formados por materiales de alta conductividad, entre los que se coloca un material semiconductor. Al presionar sobre el conjunto de capas, el tejido semiconductor se deforma y se consigue un aumento de la conductividad entre los dos electrodos, obteniendo un fenómeno piezoresistivo^v.

En el caso del sensor textil piezoresistivo multicapa pro-

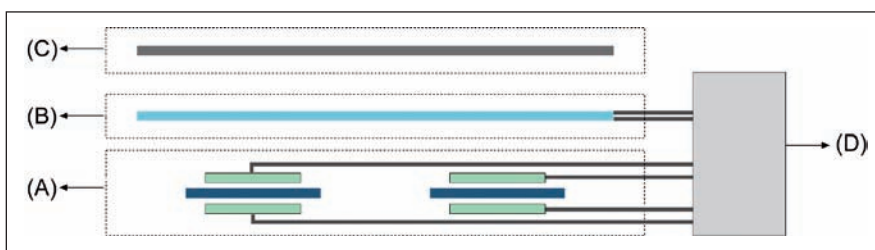


Fig. 3. Estructura del tejido sensor con indicador luminoso.



Fig. 4. Estructura del sensor textil piezoresistivo.



Fig.5. Electrodes y circuito electro-textil impresos con tinta de plata y tejido semiconductor de poliéster con recubrimiento de Polypirrole.

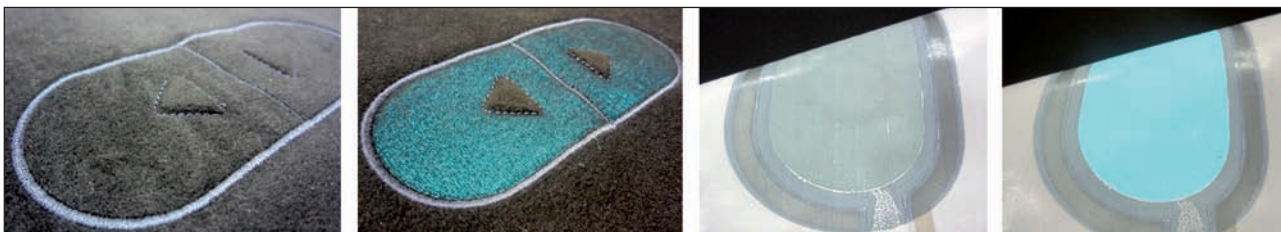


Fig. 6. Tejido exterior con bordado en relieve e indicador lumínico.

puesto en el proyecto, los electrodos y el circuito electro-textil, que comunica el sensor con la unidad procesadora, están realizados por deposición de tintas conductoras de plata sobre un sustrato textil de poliéster, mediante la técnica de serigrafía.

La localización de las zonas sensoras en el tapizado de la puerta del vehículo se indicará mediante el actuador lumínico integrado en la estructura multicapa del tejido sensor. Consiste en un dispositivo textil electro-luminiscente (EL) activado en función de la intensidad de la luz ambiente, desarrollado por CETEMMSA mediante técnicas de serigrafía. Los dispositivos EL son lámparas de estado sólido, sin filamentos ni gases en su interior, constituidos por dos capas conductoras entre las que se deposita una sustancia luminiscente (compuestos inorgánicos semiconductores) y un material dieléctrico que aísla los electrodos entre sí. Cuando se aplica un campo eléctrico variable entre las capas conductoras, la sustancia luminiscente se excita y al volver a su estado inicial lo hace emitiendo luz^{vi}.

La capa exterior del tejido sensor incorporará funciones hápticas mediante un bordado en relieve realizado sobre un tejido de poliéster que debe ser translucido para habilitar el paso de la luz proveniente del actuador lumínico.

Recubrimiento protector mediante lámina espumada de poliolefinas

Las espumas de polímeros termoplásticos son materiales

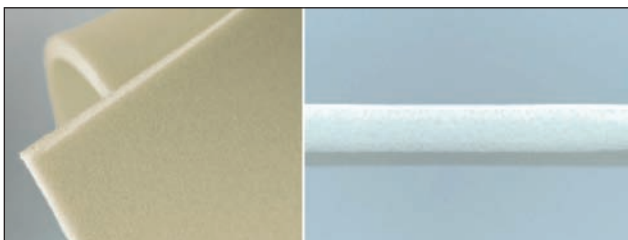


Fig. 7. Láminas espumadas de poliolefinas.

que constan de una estructura central celular creada por la expansión de un agente espumante en el seno de la matriz polimérica, dando como resultado un producto de muy baja densidad. La estructura de las celdas, así como su forma y tamaño, tiene una gran influencia sobre las propiedades del material. La espuma puede ser de celdas cerradas o unicelular, lo cual proporciona una mayor capacidad de aislamiento térmico y menor permeabilidad frente al vapor de agua, o bien de celdas abiertas conectadas entre sí, con mayor capacidad de absorción de ruido.

Los materiales más utilizados para la producción de espumas termoplásticas son el poliestireno (PS) y el polietileno (PE). Sin embargo, su campo de acción es limitado dado que tienen una pobre resistencia en aplicaciones a alta temperatura. En el sector del automóvil, las espumas de polipropileno (PP) son consideradas como buenos sustitutos del PE y PS espumados, dadas sus mejores propiedades mecánicas, resistencia química y mayor temperatura de servicio.^{vii}

Uno de los principales sectores de aplicación de este tipo de láminas es el recubrimiento de paneles y otros componentes de interior de automóviles, donde está sustituyendo a otros materiales como el PU, ABS, PVC y ASA. Su principal ventaja en este campo radica en su combinación sobre sustratos moldeados de la misma naturaleza, dando lugar a estructuras integrales de poliolefinas, lo que facilita su reciclado (permitiendo cumplir con los objetivos de la directiva europea 2000/53/CE relativa a la gestión de vehículos al final de su vida útil).

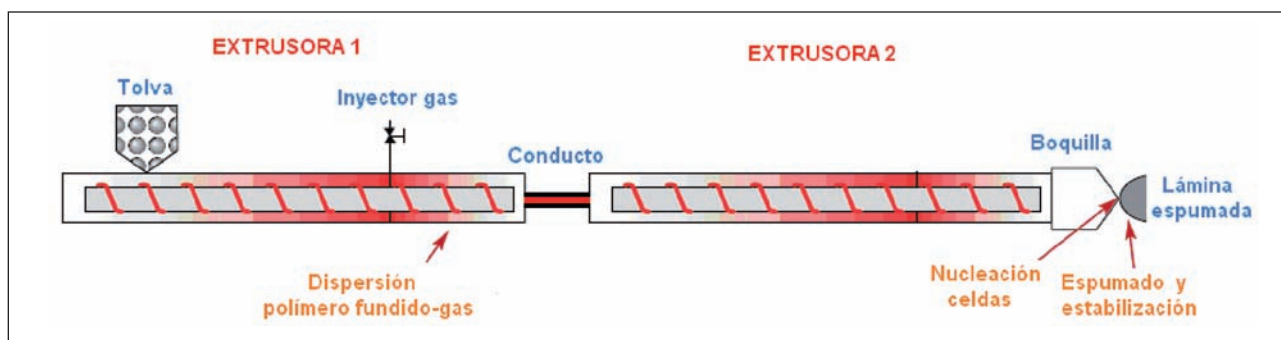


Fig. 8. Esquema proceso espumado mediante extrusión en tándem.

En general, las espumas poliolefínicas se obtienen mezclando el polímero base con agentes espumantes y otros aditivos específicos. El método de producción se basa en el proceso de extrusión; la grana de material termoplástico es alimentada a través de la tolva de la extrusora y un agente de espumación físico o químico es introducido y mezclado con el polímero fundido. Cuando el sistema polímero-agente espumante sale por la boquilla de la extrusora se produce una descompresión, causando una caída de la solubilidad del agente espumante en el polímero, haciendo que se formen burbujas.

Los agentes de espumación químicos son productos orgánicos o inorgánicos que por acción del calor se descomponen liberando un gas. En el caso de las poliolefinas, se ha comprobado que los agentes químicos más eficaces son los compuestos que liberan nitrógeno, entre ellos la azodicarbonamida (ADC); espumante exotérmico que al descomponerse libera mayor cantidad de gas que otros compuestos.

Los agentes de espumación físicos comprenden líquidos altamente volátiles, productos orgánicos de bajo peso molecular (pentano, isobutano, heptano) o gases (N_2 , CO_2) los cuales disueltos en el polímero fundido ejercen la presión necesaria para obtener la espuma.

La espumación física se realizaba, en un principio, empleando CFCs y HCFCs como agentes espumantes. Sin embargo, la regulación sobre este tipo de gases para evitar sus efectos sobre la capa de ozono hizo que se abandonase su uso, dejando paso a hidrocarburos alifáticos. Sin embargo, los hidrocarburos presentan ciertos inconvenientes, como puede ser el riesgo de inflamabilidad por la retención del gas en la celdas cerrada de la espuma, lo que obliga a tomar exhaustivas medidas de seguridad durante el proceso. Uno de los principales retos de la industria es encontrar espumantes físicos alternativos a los hidrocarburos, que presenten una mayor inocuidad.

En este sentido, el CO_2 supercrítico es uno de los gases alternativos más estudiados y su eficacia ha quedado probada para el espumado de diferentes polímeros^{viii}. En su estado supercrítico, el CO_2 combina propiedades de los dos estados, líquido y gas, presentando densidades similares a un líquido además de viscosidades bajas y coeficientes de difusión típicos de una fase gas. Sin embargo, la extrusión de estructuras espumadas mediante CO_2 difiere de la tradicional con isobutano en varios aspectos, principalmente en el

poder de mezclado.^{ix,x} En la extrusión con CO_2 se requiere un mayor poder de mezclado puesto que la miscibilidad del CO_2 con los polímeros tradicionales es menor que la del isobutano.

Para mejorar la difusión del CO_2 dentro de la matriz polimérica es aconsejable el empleo de altas presiones. La temperatura empleada también influye sobre la efectividad del agente espumante. A altas temperaturas se pierde agente espumante por la alta difusividad del gas y la débil resistencia en fundido del polímero, con lo que se obtienen ratios de espumado menores. Mediante ajustes en los parámetros de trabajo, el CO_2 supercrítico inyectado en el polímero fundido induce la nucleación del espumado, pudiendo conseguirse espumas microcelulares que no son posibles de obtener con los métodos de espumado tradicionales.

Los últimos avances en las tecnologías de espumado físico contemplan la utilización de procesos multietapa utilizando dos extrusoras en tándem^{xi}. En la extrusora primaria se inyecta el CO_2 en el polímero fundido. Dicha mezcla posteriormente se bombea a una extrusora secundaria con un husillo de diseño específico, en la que se homogeneiza y reduce convenientemente la temperatura de la mezcla antes de ser extruida a través de una boquilla de tipo anular o plana (ver figura 8).

El proceso de selección de los grados adecuados de materiales termoplásticos para la obtención de láminas espumadas resulta determinante, pues la morfología y el grado de cristalinidad del polímero influyen en la solubilidad y difusión del agente espumante y la estructura celular resultante. La difusión del agente espumante ocurre mayoritariamente en la región amorfa del polímero. Por este motivo, los polímeros amorfos como el PS y el PVC son más adecuados para el proceso de espumación. Por el contrario, los polímeros semi-cristalinos (poliolefinas como PE y PP) son más difíciles de espumar; la nucleación no es homogénea, la estructura de las celdas no resulta uniforme y es necesario emplear aditivos específicos (nucleantes, reguladores de espuma, etc.).

El PP es un termoplástico semi-cristalino, por tanto está constituido por cadenas lineales y se caracteriza por presentar un estrecho rango de temperaturas de fundido. Esto le confiere una baja resistencia en fundido y una pobre estabilidad de procesado, lo que dificulta controlar el crecimiento de las celdillas e impedir que se rompan durante la

formación de la espuma, causando el colapso de la estructura. Los grados de PP convencional, cuya estructura molecular es lineal, sólo pueden ser espumados a densidades no inferiores a los 500 kg/m³. Sin embargo, mediante procesos de modificación química, el polímero se puede modificar por introducción de ramificaciones de cadena larga para obtener polímeros de mayor resistencia en fundido (High Melt Strength PP)^{xii}. La introducción de cadenas largas en el PP se hace mediante reacción con peróxido y un monómero en bajas concentraciones en equipos especiales de extrusión a alta temperatura o por irradiación con haces de electrones. Debido a su estructura ramificada, los grados PP-HMS poseen un incremento en resistencia y estabilidad en estado fundido. Por tanto es posible producir espumas de PP no entrecruzadas con densidades tan bajas como las espumas de PS y PE crosslinking. Además, esto puede conseguirse usando equipos convencionales de extrusión de termoplásticos.

AIMPLAS aportará su competencia y amplios conocimientos en el campo del procesado de materiales plásticos por extrusión al proyecto SMARTCOVER, asumiendo el desarrollo de un recubrimiento plástico a partir de láminas espumadas de poliolefinas que permita proteger al sustrato textil con capacidad sensorial inteligente en el proceso de sobreinyección y aportar nuevas funcionalidades (como por ejemplo dotar de efecto soft touch al dispositivo).

Sustrato rígido sobre-inyectado

El método de sobre-inyección sobre diferentes láminas o recubrimientos diferentes es un método de procesado de plástico relativamente maduro, tecnológicamente hablando. En el sector de automoción se ha utilizado tradicionalmente para el forrado decorativo de componentes plásticos de interior, puesto que permite obtener una pieza acabada en un solo paso.

La dificultad en el proyecto SMARTCOVER estribaría en mantener la funcionalidad del tejido sensorial tras pasar por las condiciones de estrés termomecánico propias de este proceso^{xiii}.

El proceso de sobre-inyección puede realizarse en una máquina de inyección tradicional o bien en una máquina adaptada, con una gran superficie de montaje de molde y que permita altas velocidades de inyección manteniendo bajas presiones para no dañar el recubrimiento decorativo y evitar que, por ejemplo, el plástico pueda atravesar la trama del tejido.

CTAG aportará su amplia experiencia en materiales y procesos plásticos en automoción para desarrollar la integración del sistema de tejido sensorial y recubrimiento protector en el componente de botonera de puerta del vehículo, gracias al empleo de la tecnología de sobre-inyección plástica, manteniendo al mismo tiempo la funcionalidad y viabilidad industrial, mediante la realización de pruebas en su planta piloto laboratorio de inyección, completamente equipado. Para reducir la presión se contemplarán dos posibles técnicas:



Fig. 9. Laboratorio inyección de CTAG

- Inyección con molde abierto: consiste en la inyección del material manteniendo el molde ligeramente abierto, para evitar la sobrepresión por el flujo de plástico. En la etapa de compresión, el molde se cierra y la pieza adopta su forma.
- Multipunto secuencial: el llenado se produce a partir de varios puntos de entrada con apertura secuencial, especialmente implementados para eliminar las líneas de unión (figura nº xx). El hecho de inyectar con varias entradas reduce además la presión de inyección. Esta técnica, además de evitar daños en la tela y que el plástico atraviese la trama, el conjunto de tejido sensorial y recubrimiento protector, permite evitar defectos arrugas en la tela fruto de las líneas de unión.

En cuanto al diseño del molde, hay que tener en cuenta que el recubrimiento sensorial debe insertarse en el molde abierto, y fijado mediante diferentes técnicas, como por ejemplo agujas o pinzas prensoras. Esto permite que la tela mantenga el posicionado durante el cierre del molde, pero sin estar tan tenso que implique la rotura o deformación de la trama cuando se inyecte el material plástico.

Los moldes para sobre-inyección presentan otras complejidades, como puede ser el hecho de que elementos como los expulsores y las correderas no pueden estar en la parte móvil del molde, por ser la cara vista de la pieza en la que se apoya el tejido.

Si los expulsores llegaran a entrar en contacto con la tela, ésta podría quedar marcada, por lo que se hace necesario integrar todos estos sistemas en la parte fija una única mitad del molde.

Ensayos de validación para automoción

Todos los constructores de automoción sin excepción exigen que tanto los materiales como los componentes de vehículo respeten no solo la normativa europea vigente, sino que llegan a ser incluso más restrictivos para el cumplimiento de requerimientos que van más allá de las imposiciones legales. En concreto, el sector europeo de automoción se considera uno de los más rígidos y exigentes, moti-

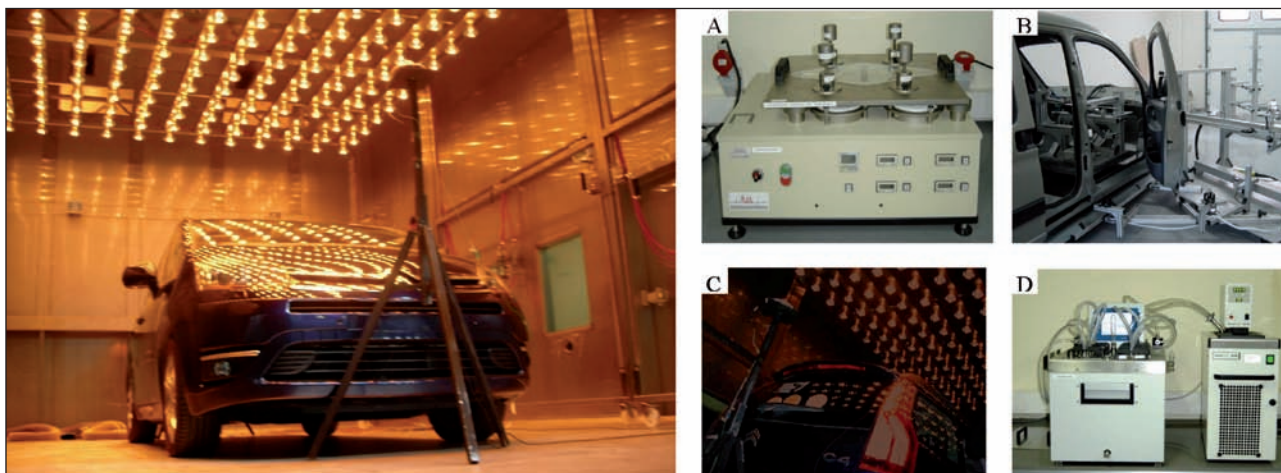


Fig. 10. Cámara climática de vehículo completo con radiación solar y medios de CTAG para la validación ensayo para textil^{xiv}

vo por el cual para la validación del prototipo diseñado en el proyecto SMARTCOVER se ha diseñado un cuaderno de cargas tipo europeo.

Para completar la validación del componente según automoción, CTAG pondrá a disposición del proyecto sus amplias instalaciones de alta tecnología y punteras a nivel de automoción, completamente equipadas con todos los medios necesarios para validar cualquier componente de vehículo desde el punto de vista de la resistencia de materiales-mecánica del conjunto, envejecimiento climático, fatiga mecánica, seguridad eléctrica, reciclabilidad, emisión de volátiles, etc.

Referencias

- i. M. Vielhaber, H. Burr, T. Deubel & C. Weber "Assembly-oriented Design in Automotive Engineering" M. Vielhaber, H. Burr, T. Deubel & C. Weber. DaimlerChrysler AG, Research and Technology, RIC/EP & Institute of Engineering Design/CAD, Germany. International Design Conference (2004). J.M. Perea, S. Rodríguez "Espumas de polipropileno" Revista Plásticos Modernos. Vol 85, 561, 236-239 (2003)
- ii. Y-B Li, G-L Chen, X-M Lai & Y-F Xing "Assembly-oriented Design in Automotive Engineering" M. Vielhaber, H. Burr, T. Deubel & C. Weber. DaimlerChrysler AG, Research and Technology, RIC/EP & Institute of Engineering Design/CAD, Germany (2004). Knowledge-based vehicle body conceptual assembly design" Y-B Li, G-L Chen, X-M Lai & Y-F Xing. Autobody Manufacturing Technology Centre of Shanghai, China. Journal of Automobile Engineering V.222, nº2, p. 221-234 (2008).
- iii. Harlin, A., Ferenets, M. "Introduction to conductive materials". En Mattila, H. (Ed.), Intelligent textiles and Clothing. Cambridge, Woodhead Publishing Limited,. p 217-238 (2005)
- iv. Swallow, S., Thompson, A.P., "Applications for woven electrical fabrics". En Mattila, H. (Ed.), Intelligent textiles and Clothing. Cambridge, Woodhead Publishing Limited,. P. 471-488 (2005)
- v. Ghosh, T.K., Dhawan, A., Muth, J.F., "Formation of electrical circuits in textile structures". En Mattila, H. (Ed.), Intelligent textiles and Clothing. Cambridge, Woodhead Publishing Limited, p. 239-282 (2005)
- vi. Rack, P.D., Holloway, P. H., "The structure, device physics, and material properties of thin film electroluminescent displays". Materials Science and Engineering, R21. p. 171-219 (1998)
- vii. J.M. Perea, S. Rodríguez "Espumas de polipropileno" Revista Plásticos Modernos. Vol 85, 561, p. 236-239 (2003)
- viii. Tomasko DL, Burley A, Feng L, Yeh S-K, Miyazono K, Nirmal-Kumar S, Kusaka I, Koelling K, "Development of CO₂ for polymer foam applications", The Journal of Supercritical Fluids, 47, p. 493-499 (2009)
- ix. Wu X, Ceng H, Cai Y, Peng Y, "A single-phase of supercritical CO₂/polystyrene solution in foam extrusion", Journal of Wuhan University Of Technology-Materials Science Edition, 23, p. 804-808, (2008)
- x. Baldwin DF, Shimbo M, Suh NP, "The role of gas dissolution and induced crystallization during microcellular polymer processing - a study of poly (ethylene-terephthalate) and carbon-dioxide systems", Journal of Engineering Materials and Technology-Transactions of the Asme, 117, p. 62-74, (1995)
- xi. P. Villanueva, A. Espert "Tecnologías de obtención de espumas poliolefínicas" Revista de Plásticos Modernos, Vol 99, Num 645, p. 281-286 (2010)
- xii. Y. An, Z. Zhang "Structure and properties of high melt strength PP prepared by combined method of blending and crosslinking", Journal of Applied Polymer Science Vol 116, 5, p. 1739-1746 (2010)
- xiii. C. Brockmann & W. Michaeli. "Injection Compression Moulding. A low pressure process for manufacturing textile-covered moldings" C. Brockmann & W. Michaeli. *Institut für Kunststoffverarbeitung, Germany (2001)* A.R. Campos, A.M. Cunha, A. Tielas & A. Mateos "Biodegradable Composites Applied to the Automotive Industry: the development of a loudspeaker front" Material Science Forum Vols. 587-588 (2008) p. 187-191.
- xiv. A.R. Campos, A.M. Cunha, A. Tielas & A. Mateos "Biodegradable Composites Applied to the Automotive Industry: the development of a loudspeaker front" Material Science Forum Vols. 587-588 (2008) p. 187-191 (2008).

SMARTCOVER

