

R.Mezzacasa¹, M.Segura¹, I.Harismendy¹, X.Irastorza¹,
A.Iriarte¹, V.Shafi², C.Arenillas², I.Pascual², M.Martin³

¹Area Estructuras en Composites, División Industria y Transporte, Tecnalia

²Gestamp

³Gonvarri

Desarrollo y fabricación de link altamente solicitado en RTM “one shot”, alto nivel de integración y gran ligereza en fibra de carbono

RESUMEN

Historia del artículo:

Recibido 3 de Junio de 2019

En la versión revisada 20 de Junio de 2019

Aceptado 5 de Julio de 2019

Accesible online 15 de Abril de 2021

Palabras clave:

RTM

Automoción

Composites

CFRP

Multimaterial

Los composites de matriz polimérica son claros candidatos como materiales estructurales para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de muchos modos de transporte y en especial de vehículos de propulsión eléctrica en los que el peso es un requerimiento importante. Las ventajas de los composites de altas prestaciones incluyen gran potencial de aligeramiento, así como alta capacidad de integración y por tanto de reducción de costes de ensamblaje. Esto proporciona reducciones de peso importantes que dan mayores prestaciones, mayores capacidades de carga útil, posibilidad de reducir los elementos de propulsión como motores de combustión o baterías, así como una reducción de emisiones.

Sin embargo, los procesos de fabricación para proporcionar alto nivel de integración son todavía un reto puesto que el proceso resulta más complejo en términos de preparación de materiales (corte, apilados, etc), preformado 3D así como de utillajes más complejos.

En este contexto, Tecnalia, Gestamp y otros participantes han desarrollado un link de suspensión con las siguientes características:

- Concepto de gran ligereza a pesar de los altísimos requerimientos mecánicos
- Procesos rápidos de corte, apilado y preformado 3D a neto, incluyendo para ello soluciones avanzadas de utillajes
- Proceso en RTM de una única etapa en aplicación de alto nivel de integración

Development and manufacturing of heavily loaded suspension link based on one shot RTM, highly integrated and lightweight CF concept

ABSTRACT

Keywords:

RTM

Automotive

Composites

CFRP

Multimaterial

Fibre-reinforced polymer composite materials are leading candidates as component materials to improve the efficiency and sustainability of many transport modes and specially in new vehicles based on electric mobility where weight is also an important requirement. The advantages of high-performance composites are numerous: they include lighter weight and reduced assembly costs due to high level of integration potential. This translates into greater weight savings resulting in improved performance, greater payloads, fuel or battery energy savings and emissions reductions.

However, the manufacturing processes to provide high level of integration are still a challenge as the process becomes more complex in terms of materials preparation (cutting, stacking, etc), 3D preforming and toolings involved.

In this context, Tecnalia, Gestamp and other partners have recently developed a suspension link, with the following features:

- Lightweight CFRP concept despite of the very high demanding mechanical loads requirements
- Fast stacking, cutting and 3D net shape preforming including also the corresponding advanced toolings and equipment
- One shot RTM and highly integrated concept to optimize the mechanical performance and reduce the process steps and joining operations

1 Introducción y objetivos

Los objetivos del proyecto que se han definido son principalmente los siguientes:

- Desarrollar un nuevo concepto de camber link donde se sustituya la solución actual de acero por una solución multi-material aligerada formada por un cuerpo principal en composite y unido a ciertos terminales de aluminio.
- Desarrollar un proceso de fabricación eficiente, viable técnica y económicamente.

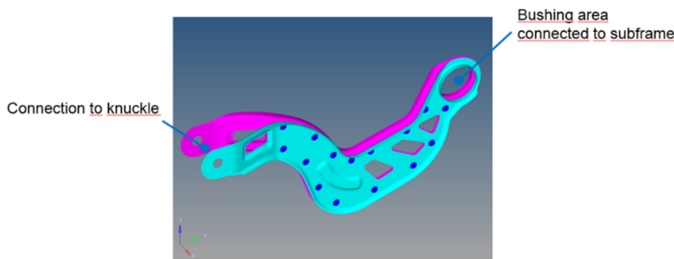


Figura 1. Modelo 3D del componente "Camber Link"

El componente seleccionado se sitúa en la parte trasera del bastidor, cerca de la suspensión. La pieza denominada "camber link" se desliza en dirección vertical, transmitiendo las fuerzas laterales entre el vehículo y las ruedas. Este componente se fabrica actualmente en acero de 3 mm de espesor, y está compuesto por dos conchas. Las conchas están unidas mediante soldadura.

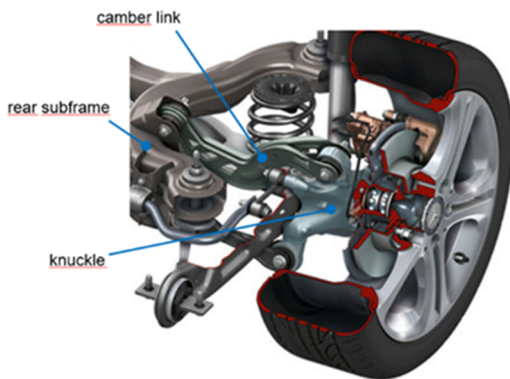


Figura 2. Ubicación del componente "Camber Link"

2 Concepto de camber link en fibra de carbono por RTM

Se ha seleccionado el concepto en RTM, con alto nivel de integración, basado en una sección en doble "T" constituida por dos conchas laterales (en forma de "C") y dos cabezas o cappings superior e inferior, puesto que es la que mejor valoración ha obtenido en el análisis realizado tanto desde el punto de vista de propiedades mecánicas y ligereza como

desde el punto de vista de la fabricabilidad. Para poder fabricar de manera integral dicho concepto con sus 4 subelementos, se ha concluido que el proceso de RTM (Resin Transfer Moulding) es el más adecuado precisamente por su potencial de integración. Por tanto, el RTM ha sido el proceso elegido para esta aplicación concreta a pesar de que otros procesos evaluados tengan también una valoración genérica alta pero sin embargo no una aplicabilidad clara a este componente concreto.

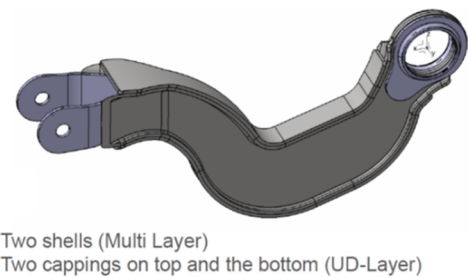


Figura 3. Concepto del camber link multimaterial con cuerpo principal en carbono por RTM y terminales en aluminio

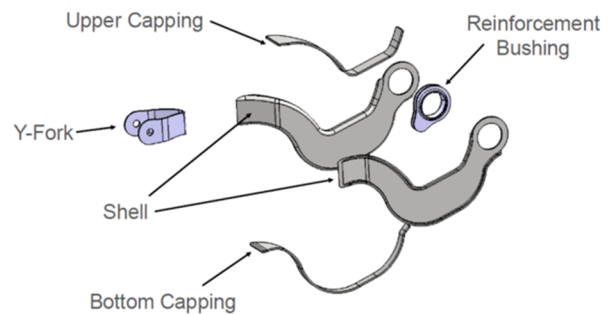


Figura 4. Explosionado de elementos principales del nuevo concepto de camber link que exige alto nivel de integración

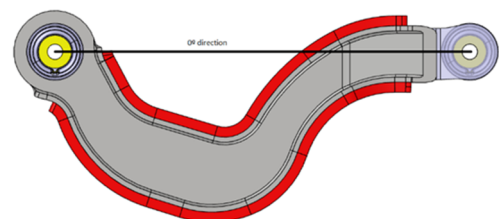
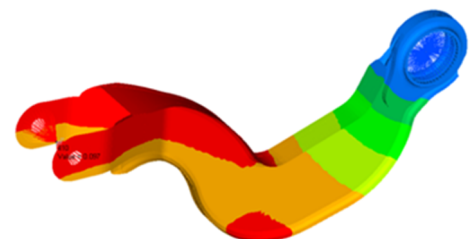


Figura 5. Modelos FEM desarrollados para verificar el cumplimiento de los requerimientos de resistencia y rigidez



La selección de materiales se ha orientado a conseguir un proceso competitivo y rápido. En este sentido se han seleccionado tejidos NCF en base a fibras de 50K y una resina epoxi de curado rápido que cura a 120°C en pocos minutos. Así mismo, los tejidos incorporan un binder que se activa a 90°C y que, en base al proceso de cold stamping desarrollado permite un preformado rápido con un tiempo de ciclo de aprox. 2-3 min incluyendo desde la preparación del apilado, el calentamiento, conformado y recantado a neto de la preforma final.

3 Simulación de procesos

Para analizar en detalle la fabricabilidad del camber link mediante la tecnología de RTM seleccionada, se ha realizado una caracterización detallada de los materiales y se ha simulado el proceso de fabricación incluyendo las etapas de preformado y de RTM.

3.1 Simulación de proceso de preformado

Los parámetros más importantes para simular la deformación de tejidos son los parámetros de flexión y el módulo a cortadura ya que estos dos modos de deformación son los predominantes en un proceso de preformado.

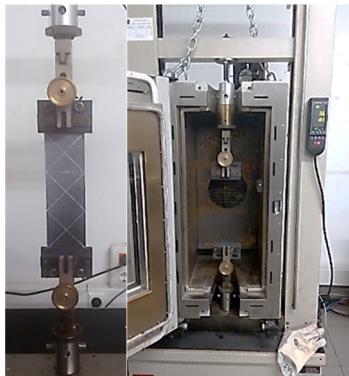


Figura 6. Ensayo de bias extension para medir el módulo de cortadura

Una vez caracterizados los tejidos, se ha preparado el correspondiente modelo de PAM Form para la simulación del preformado de la pieza en estudio. El modelo incluye el molde inferior, todas las capas de material a preformar con sus orientaciones y el contramolde superior.

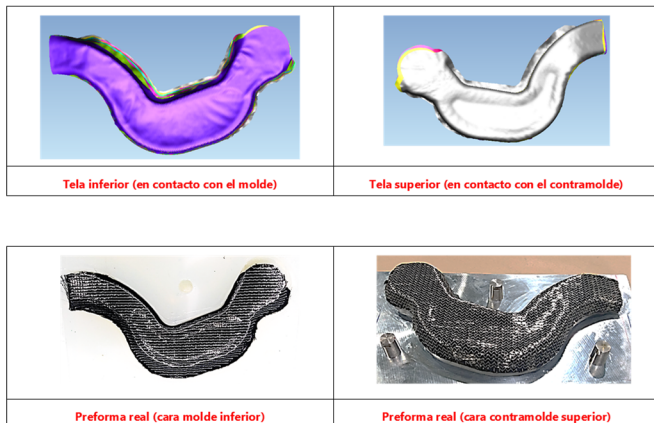


Figura 7. Correlación entre las simulaciones realizadas y las preformas obtenidas experimentalmente

3.2 Simulación del proceso de RTM

Los parámetros más importantes para simular el proceso de RTM son los correspondientes a la resina como evolución del curado y de la viscosidad, así como parámetros del tejido/preforma que en este caso viene dados principalmente por su permeabilidad.

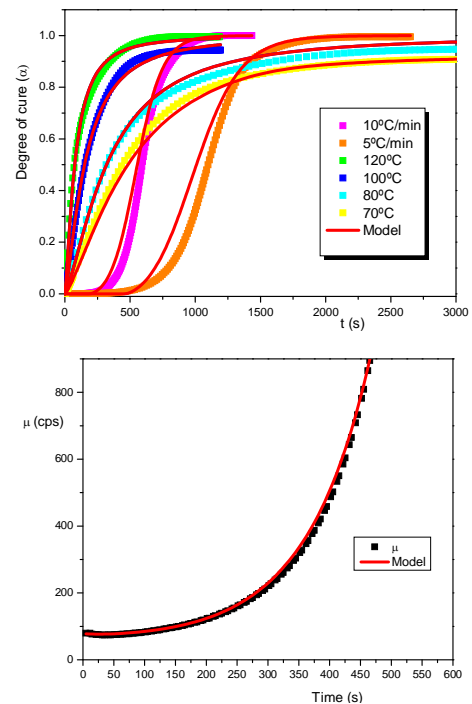
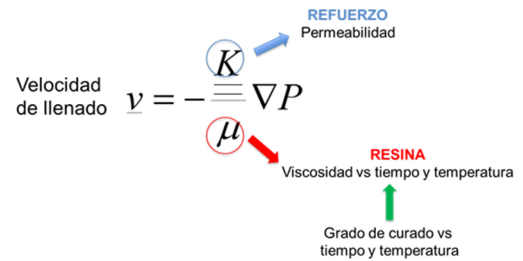


Figura 8. Modelos de curado y viscosidad vs datos experimentales

Una vez caracterizados los materiales, se ha preparado el correspondiente modelo de PAM RTM para la simulación de la etapa de RTM. El modelo incluye las diferentes zonas de la pieza con sus correspondientes propiedades específicas.

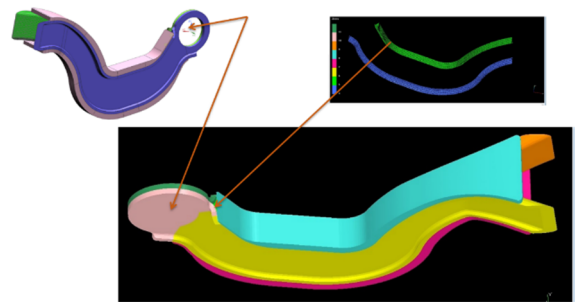


Figura 9. Preparación del modelo de PAM RTM con sus diferentes zonas



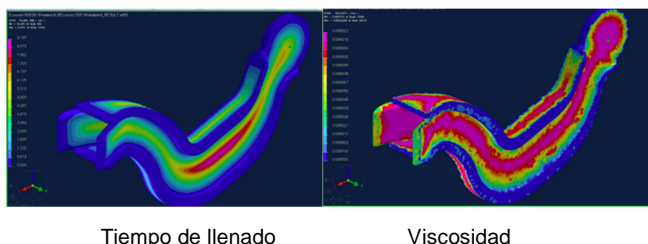


Figura 10. Resultados principales de la simulación de PAM RTM

4.2 Proceso de preformado

Para el conformado de las preformas 3D se ha desarrollado un proceso rápido de cold stamping de los stacks 2D previamente cortados, en una máquina/ prensa de termoconformado mediante molde metálico y contramolde elastomérico y precalentamiento por infrarrojos.

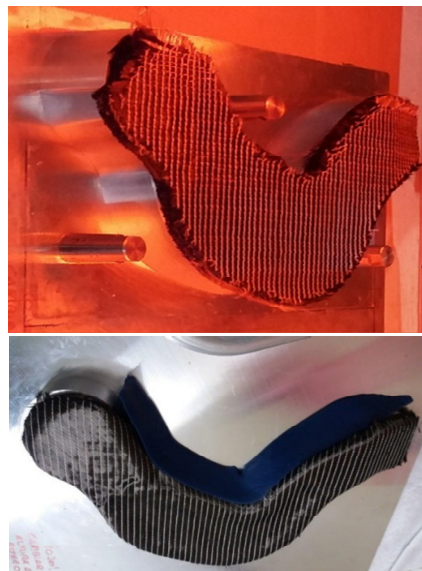


Figura 13. Proceso de preformado 3D

Posteriormente, las preformas 3D son recanteadas de manera automática en célula robotizada sobre el correspondiente utillaje y también mediante la tecnología de ultrasonidos, con el objetivo de conseguir preformas de dimensiones ajustadas que eviten la necesidad de recorte de la pieza final.

4 Desarrollo del proceso de fabricación

Tras analizar en detalle la fabricabilidad del camber link mediante la tecnología de RTM seleccionada, se han definido las distintas etapas que debería de tener el proceso global para la fabricación a nivel industrial del camber link en composite incluyendo las etapas de preformado y de RTM.

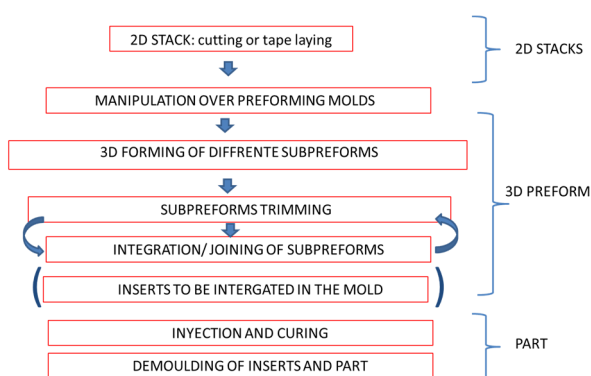


Figura 11. Concepto de proceso desarrollado incluyendo las etapas de preformado y RTM

4.1 Proceso de preparación de patrones 2D

Se han estudiado diferentes tecnologías de corte y finalmente se ha desarrollado un proceso de corte de stacks 2D mediante ultrasonidos en el cual se ha abordado el corte del apilado de espesor total. Es decir, para optimizar el tiempo de ciclo, se fabrica el apilado con todas las orientaciones y luego se corta el patron 2D. Se han hecho pruebas con espesores que van desde los 4 hasta los 11mm de espesor. La velocidades de corte obtenidas son de alrededor de 10m/min.

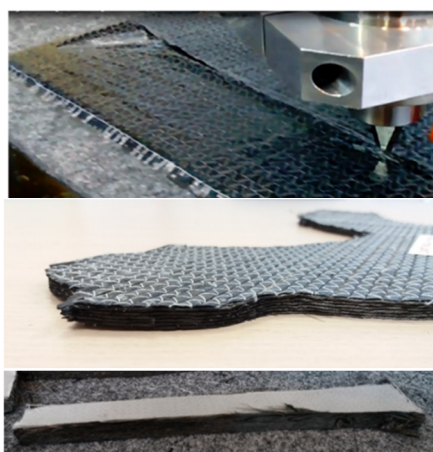


Figura 12. Pruebas de corte de stacks 2D

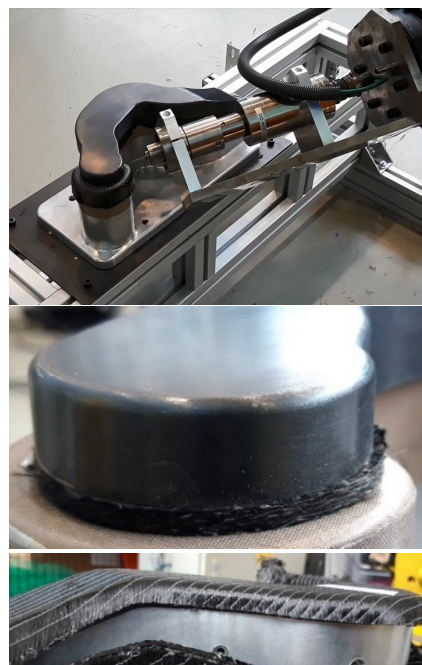


Figura 14. Proceso de recorte robotizado de preformas 3D



4.3 Proceso de RTM

Como se explicaba con anterioridad, se ha llevado a cabo la simulación para definir la estrategia de inyección más adecuada y para obtener los parámetros de presión y temperatura más aconsejables para el proceso y para el diseño del molde.

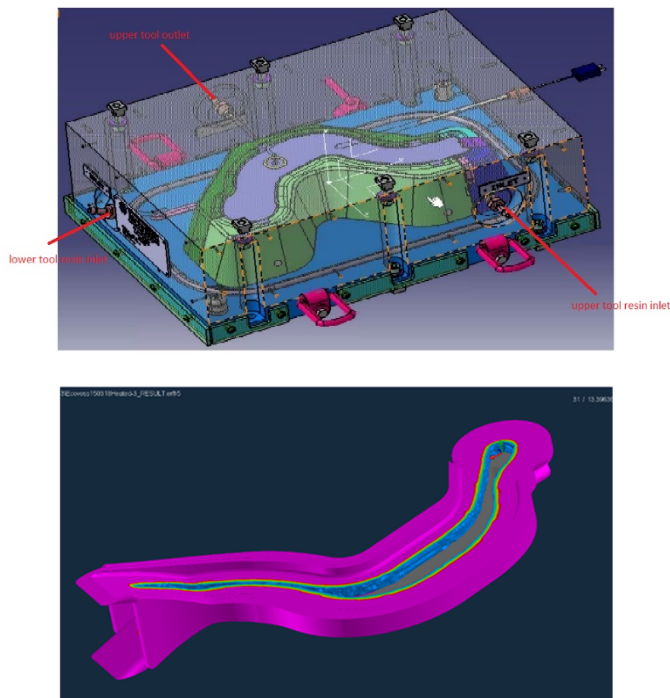


Figura 15. 3D del molde de RTM y estrategia de llenado

En la figura superior se observa el diseño del molde de RTM. Es un molde para trabajo en prensa de platos calientes, por lo tanto sin sistema de calentamiento específico. Incluye dos útiles principales y cinco postizos internos. Dispone de una entrada de resina en un lateral, que alimenta un canal perimetral, de forma que el frente de flujo avanza simultáneamente desde toda la periferia de la pieza. Sobre el molde inferior se colocan las distintas subpreformas y los postizos metálicos. Posteriormente se cierra el contramolde superior y se procede a la inyección y posterior curado de la resina.

En la siguiente figura se observa la pieza desmoldeada tal cual sale del molde y con un peso de unos 450gr (frente a los aprox. 1.500gr de la solución metálica con el silentblock) que supone una gran reducción de peso con respecto al diseño actual metálico.



Figura 16. Pieza a neto desmoldeada del molde de RTM



Figura 17. Piezas con los insertos metálicos integrados mediante unión adhesiva

5 Validación final de demostradores

Una vez fabricados los demostradores se les ha sometido a una campaña de ensayos aplicando diferentes cargas en los puntos de anclaje situados en los terminales metálicos, de acuerdo con el cuaderno de cargas de esta aplicación. Los resultados de los ensayos han sido positivos cumpliéndose las especificaciones establecidas.

En el ensayo realizado el componente ha cumplido las expectativas superando la especificación del cuaderno de cargas de dicho componente.



Figura 18- Componente en banco de ensayos y modo de rotura

6 Conclusiones

El desarrollo realizado se ha completado satisfactoriamente y ha permitido demostrar la viabilidad técnica de abordar la pieza objetivo, con muy altas solicitaciones mecánicas, mediante una solución muy aligerada basada en un diseño en fibra de carbono y optimizado con alto nivel de integración. El siguiente paso es abordar la industrialización del proceso desarrollado lo cual es un reto especialmente importante teniendo en cuenta la complejidad del diseño y la necesidad de integrar diferentes subelementos para poder conseguir una fabricación competitiva manteniendo el alto nivel de integración de la solución.



Agradecimientos

Agradecemos al CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial) la financiación de esta actividad en el marco del proyecto liderado por Gestamp denominado ECOVOSS (DESARROLLO DE NUEVAS SOLUCIONES DE ECOESTRUCTURAS MULTIMATERIAL PARA VEHÍCULOS SEGUROS Y SOSTENIBLES), dentro del programa CIEN.

Referencias

1. R. Mezzacasa, F. J. Estensoro, V. Collado, "Fully automated energy-efficient 3D preforming", No77 December 2012 / JEC Composites Magazine (2012)
2. R. Mezzacasa, M. Segura, X. Irastorza, I. Harismendy, A. Iriarte, "Fabricación rápida y eficiente de componentes en composite mediante tecnologías y equipamiento de baja inversión", Libro de actas congreso Matcomp2015 pag 417-422 (2015)

