



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 850**

51 Int. Cl.:

**B29C 65/00** (2006.01)

**B29C 70/54** (2006.01)

**B64G 1/22** (2006.01)

**C08G 59/68** (2006.01)

**C09J 163/10** (2006.01)

**B29C 65/78** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07787335 .4**

96 Fecha de presentación : **10.07.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2038104**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.03.2009**

54

Título: **Ensamblaje de materiales preimpregnados para la realización de estructuras, por ejemplo de despliegue por inflado.**

30

Prioridad: **12.07.2006 FR 06 52943**

73

Titular/es: **ASTRIUM SAS**  
**6 rue Laurent Pichat**  
**75216 Paris Cédex 16, FR**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.05.2011**

72

Inventor/es: **Defoort, Brigitte;**  
**Lacour, Dominique y**  
**Le-Couls, Olivier**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.05.2011**

74

Agente: **Justo Bailey, Mario de**

ES 2 358 850 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Ensamblaje de materiales preimpregnados para la realización de estructuras, por ejemplo de despliegue por inflado

5 **Campo técnico**

La invención se refiere al ensamblaje de materiales preimpregnados. El procedimiento de ensamblaje según la invención puede aplicarse a la realización de estructuras de gran dimensión que requieren la conexión entre diferentes elementos estructurales de resina, por ejemplo "extremo con extremo", y/o de estructuras de forma compleja que requieren la unión entre dos elementos, por ejemplo de forma eventualmente diferente. La invención se basa en la polimerización local por irradiación de los materiales preimpregnados para garantizar un ensamblaje.

De manera más específica, el ensamblaje según la invención se refiere a estructuras que están plegadas y, tras el ensamblaje, el material conserva una flexibilidad adaptada para un plegado compacto.

La invención se refiere en particular a la realización de estructuras a base de materiales preimpregnados, concretamente susceptibles de desplegarse, por ejemplo por inflado, en particular para un uso espacial, y que no pueden realizarse de una sola pieza.

La invención encuentra una aplicación especialmente en la realización en tierra de conjuntos de tramos de tubos que conservan una resistencia mecánica suficiente para resistir a los entornos de vuelo, y/o aptitudes para el inflado y la rigidización en el espacio.

25 **Estado de la técnica anterior**

La realización de dispositivos compactos y ultraligeros, adecuados para desplegarse mediante inflado tras su puesta en órbita, se ha considerado desde el principio de la era espacial.

Estos dispositivos comprenden un conjunto de estructuras huecas, generalmente tubulares, que están constituidas por membranas finas plegadas de manera que se forma un fuelle y cuyo despliegue es resultado de su relleno con un gas a presión tal como nitrógeno, que está almacenado en un depósito contiguo. Estas estructuras también se conocen con el nombre de "estructuras Gossamer".

La figura 1 ilustra de una forma esquemática el tipo de construcción actualmente empleado para una estructura Gossamer destinada a rigidizarse mediante polimerización de una resina inducida por una radiación, y concretamente la ultravioleta. En esta figura sólo se ha representado, a propósito, una parte de la estructura en el estado desplegado, de manera que se visualizan los elementos que la constituyen.

Una estructura Gossamer se presenta en forma de un tubo 1 cuya pared está formada por una membrana flexible que comprende uno o varios espesores de un tejido 2 preimpregnado de una composición a base de resina, intercalados entre dos películas 3, 4 delgadas poliméricas. Estas películas 3, 4 tienen la función de garantizar la estanqueidad necesaria para el inflado de la estructura y evitar que el tejido 2 impregnado se adhiera a sí mismo cuando la pared está plegada antes del despliegue, lo que impediría, de hecho, el despliegue de la estructura. En el caso de una estructura Gossamer, los polímeros que constituyen las películas 3, 4 delgadas deben responder a especificaciones propias del campo espacial: en particular, las películas deben poder soportar temperaturas extremas y presentar propiedades de resistencia mecánica particularmente elevadas.

Una cobertura 5 térmica de múltiples capas completa eventualmente esta estructura 2, 3, 4 intercalada.

Una de las dificultades planteadas por la realización de estructuras Gossamer está relacionada con la agresividad del entorno espacial. En efecto, el espacio está cargado de micrometeoritos susceptibles de perforar cualquier membrana estanca y de ese modo provocar fugas y un desinflado haciendo que las estructuras desplegadas pierdan su forma. Por tanto es necesario rigidizarlas tras su despliegue, mediante técnicas mecánicas, físicas o químicas.

En particular, las técnicas químicas pretenden inducir, mediante temperatura, radiación ultravioleta u otra radiación, etc., la polimerización de una resina; esta polimerización puede acelerarse mediante catalizadores transportados por el gas de llenado, salvo en el caso de las estructuras Gossamer en las que está previsto un depósito flexible interno estanco. De hecho, la polimerización de una resina inducida por una radiación sería una de las vías de rigidización más interesantes de las estructuras Gossamer, en lo que se refiere tanto a la fiabilidad de esta técnica de rigidización, como a los costes de los materiales usados y su puesta en práctica, así como a las propiedades mecánicas de las estructuras rigidizadas.

Así, por ejemplo, si la resina de la película 2 es fotopolimerizable, la estructura 1 comprende además una fuente 6 de radiación adecuada, por ejemplo una lámpara de radiación ultravioleta, que está dispuesta en el interior del tubo 1. La composición 2 a base de resina fotopolimerizable comprende en ese caso, además de un oligómero reactivo correspondiente a la molécula de base de la resina, al menos un fotoiniciador sensible a la radiación en cuestión, es

decir un compuesto que se descompone cuando se expone a la misma para producir especies químicas cuyo papel es el de iniciar la polimerización de la resina.

5 Una vía preferida es la polimerización mediante luz visible: en el documento FR 2876983 se describe una membrana particularmente adaptada.

10 No obstante, la realización de estructuras de gran tamaño presenta un problema. En efecto, la dimensión de las materias primas, a saber las películas 2, 3, 4, disponibles es limitada. Además, la conformación de las películas con el fin de realizar la pieza final requiere herramientas de fabricación, en particular, para una estructura 1 Gossamer, mandriles de desgasificación para el plegado en forma de fuelle; estas herramientas deben permanecer dentro de los criterios de tamaño y masa compatibles con su manutención y su fiabilidad: se desaconseja una flecha demasiado importante del mandril.

15 Para realizar tales estructuras, parece necesario por tanto ensamblar varios elementos estructurales, por ejemplo dos partes de tubo extremo con extremo.

20 La primera técnica considerada se refiere al pegado de las dos partes. No obstante, el uso de un tercer material es problemático, sobretodo en el campo espacial: la cola debe ser perfectamente compatible con las películas 2, 3, 4; debe conservar la estanqueidad de la estructura incluso durante el plegado, el despliegue, la rigidización, y sollicitaciones mecánicas inherentes al uso de la estructura, y ello a nivel de una circunferencia del poste 1. En particular, un material no polimerizado de tipo capa 2 preimpregnada no es fácil de pegar.

25 De manera más general, este problema de ensamblaje se plantea para cualquier estructura compleja, de tipo formación de una esfera a partir de capas planas, ensamblaje tubo/plano, o tubo/esfera, o formación de una estructura de múltiples tubos...

### Exposición de la invención

30 La invención se propone, en uno de sus aspectos, paliar los inconvenientes de las técnicas de ensamblaje existentes.

La invención tiene por tanto como objetivo definir un procedimiento de ensamblaje de tejidos de material preimpregnado, que permite:

35 - garantizar una resistencia mecánica de la conexión suficiente para manipulaciones, próxima a la resistencia del material preimpregnado inicial,

- conservar al mismo tiempo la flexibilidad inicial del material preimpregnado,

40 - ser compatible con un plegado,

- y sin deteriorar las propiedades de la resina de impregnación del material preimpregnado.

45 Un segundo objetivo de la invención es permitir la realización de piezas de grandes dimensiones para estructuras inflables, lo que requiere que la conexión también soporte los esfuerzos de inflado, es decir la resistencia del tubo en el estado inflado, antes de su polimerización de rigidización.

50 Tal como resulta clásico, la expresión "material preimpregnado" (o "prepeg" en inglés) se refiere a un material en forma de una capa de tejido de fibras, impregnada con una resina cuya polimerización no se ha terminado, por ejemplo una resina denominada "en estado B" cuando es termoendurecible. A continuación, de manera clásica los materiales preimpregnados se usan para la fabricación de los materiales compuestos, tras lo cual se completa el endurecimiento.

55 El principio de base de la invención consiste en usar un material preimpregnado polimerizable al menos parcialmente por radiación, es decir susceptible de polimerizarse localmente sin inducir una evolución de la resina adyacente no activada. Entonces es posible garantizar un ensamblaje sin uso de adhesivo, irradiando la zona de conexión, eventualmente también calentándola. De manera sorprendente, una optimización de la geometría, de la superficie y de la disposición de la conexión pegada, ha permitido conservar la flexibilidad de la conexión y ha demostrado una compatibilidad con un plegado.

60 La invención se refiere así, en uno de sus aspectos, a una estructura que comprende dos elementos de material preimpregnado solidarizados entre sí en una zona de unión. La zona de unión se caracteriza por la superposición de los dos materiales preimpregnados que se mantienen independientes a excepción de puntos discretos en los que los dos materiales preimpregnados se sueldan entre sí, mediante reticulación o polimerización local.

65 Ventajosamente, la zona de unión está compuesta por al menos dos bandas de ensamblaje paralelas que atraviesan

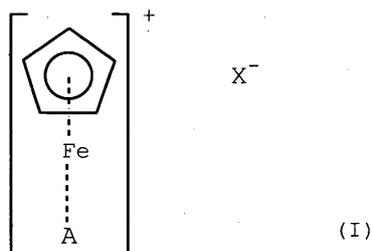
la estructura, es decir por ejemplo en un ancho o un perímetro del material preimpregnado siguiendo la geometría de la estructura, separadas entre sí por una zona en la que los dos materiales preimpregnados están únicamente superpuestos; cada una de las bandas comprende puntos discretos de polimerización cruzada de los dos materiales preimpregnados. Así, la zona entre las bandas conserva su flexibilidad y permite concretamente un plegado; según la geometría del plegado, puede haber una pluralidad de zonas de superposición simple que se cruzan, con un diseño variable.

La geometría de los puntos discretos es preferiblemente tal que la proyección sobre un borde de la zona de unión de esos puntos discretos forma una línea continua. En caso de que haya varias bandas de ensamblaje presentes, preferiblemente, se forman líneas continuas mediante la proyección sobre el borde de cada banda de sus puntos discretos. Ventajosamente, con el fin de conservar una gran flexibilidad en el ensamblaje, la proyección sobre el borde de cada banda sólo comprende un único punto.

Así, la estructura según la invención puede comprender zonas de pliegue, por ejemplo para formar un fuelle, concretamente un pliegue en cada zona de unión.

Por ejemplo, la estructura es un elemento tubular inflable, susceptible de desplegarse en el espacio y comprende los elementos auxiliares adaptados, concretamente las bases de extremo. La estructura según la invención también puede comprender una película protectora encima de las dos partes de material preimpregnado, y/o una película protectora en la otra cara. Una de las películas concretamente puede ser estanca.

El material preimpregnado según la invención comprende ventajosamente una resina epoxídica o de epóxido-acrilato, y un fotoiniciador, elegido de las sales de complejo hierro-areno de fórmula general (I) en la que A representa un grupo areno, mientras que X representa un anión no nucleófilo:



En otro aspecto, la invención se refiere a un procedimiento de ensamblaje que permite concretamente la realización de una estructura tal como se ha presentado anteriormente. El procedimiento de ensamblaje según la invención comprende la superposición local de dos elementos que comprenden un material preimpregnado, después la irradiación en puntos discretos de la zona de superposición con el fin de realizar una polimerización local en una zona de unión. La irradiación está adaptada a la naturaleza de la resina que compone el material preimpregnado: en particular, las estructuras comprenden una resina epoxídica o de epóxido-acrilato y un fotoiniciador elegido de las sales de complejo hierro-areno de fórmula (I), realizándose la irradiación por medio de una luz visible.

Ventajosamente, el procedimiento se realiza para el ensamblaje de estructuras tubulares, y por medio de una máscara. La máscara comprende la geometría adaptada al esquema de los puntos discretos de unión deseado.

Según un modo de realización preferido, el procedimiento de ensamblaje está integrado en el procedimiento de formación de una estructura de tipo Gossamer. En particular, el procedimiento de ensamblaje se realiza después de haber acoplado el primer elemento estructural a su base, y de haberlo plegado después, con el fin de poder prolongar el tubo por un segundo elemento estructural. Una vez realizado el ensamblaje, puede realizarse el plegado de la segunda parte de la estructura tubular.

En otro aspecto, la invención se refiere a una máscara de polimerización adaptada para el procedimiento anterior. Preferiblemente, la máscara está compuesta por al menos dos partes de irradiación, ventajosamente en forma de bandas, separadas entre sí por una parte opaca. Cada banda de irradiación comprende varios puntos discretos localizados de manera más o menos aleatoria en su superficie. Preferiblemente, la proyección sobre uno de los lados de la banda de los puntos discretos forma una línea continua; esta proyección es ventajosamente de tal manera que sólo hay un punto presente cada vez.

La máscara puede contener varias bandas opacas que se cruzan de manera que se forman zonas no polimerizadas cuyo diseño depende, por ejemplo, de un plegado posterior.

La invención se refiere finalmente a un poste de despliegue espacial, realizado mediante el procedimiento anterior con la máscara predefinida.

**Breve descripción de los dibujos**

Las características y ventajas de la invención se comprenderán mejor tras la lectura de la siguiente descripción y con referencia a los dibujos adjuntos, facilitados a modo ilustrativo y en absoluto limitativos.

5 La figura 1, ya descrita, ilustra esquemáticamente una estructura Gossamer, en posición desplegada y en despiece ordenado.

La figura 2 muestra un poste de despliegue según un modo preferido de realización de la invención.

10 La figura 3 ilustra la zona de ensamblaje mediante un procedimiento según la invención.

La figura 4 representa el procedimiento de ensamblaje según la invención.

15 La figura 5 muestra una máscara de polimerización de ensamblaje según un modo de realización preferido de la invención.

Las figuras 6A a 6F describen un procedimiento de fabricación de un poste de despliegue según un modo de realización de la invención.

20 Las figuras 7A a 7C muestran otras estructuras obtenidas mediante ensamblaje según la invención.

**Exposición detallada de modos de realización particulares**

25 Aunque a continuación se describe para la realización de una estructura tubular inflable para uso espacial, resultará evidente que este modo de realización es ilustrativo. El ensamblaje según la invención puede aplicarse a cualquier caso en el que se deseen realizar estructuras de material compuesto, de gran tamaño, planas o tubulares o esféricas o compuestas de diferentes elementos de igual forma o no, plegadas o no.

30 La estructura se refiere por ejemplo a un poste 7 de despliegue espacial que puede alcanzar más de 10 m de longitud con un diámetro interno de 160 mm, ilustrado en la figura 2. El poste 7 se presenta en forma de un tubo 1 de pared fina solidarizado en cada extremo con un elemento 8 de base, habitualmente de aleación de aluminio; el poste 7 forma un fuelle según las zonas 9 de pliegue para el lanzamiento y después se despliega mediante inflado una vez en el espacio. El material de las paredes de un poste 7 de este tipo debe resistir una fuerza de tracción de 2,4 N/mm con una presión interna de 300 mbar.

Según el modo de realización preferido, las paredes del tubo 1 inflable pueden consistir concretamente en:

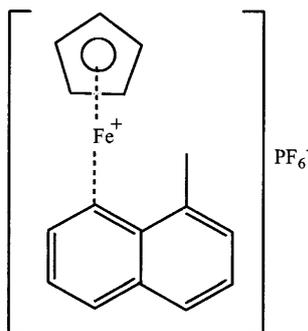
40 - un depósito flexible 3 interno, por ejemplo de Kapton® o de Upilex®, que garantiza la estanqueidad a los gases de inflado, concretamente nitrógeno;

- una o varias capas 2 de material compuesto de vidrio/resina, dos en el caso preferido, que proporcionarán, tras la polimerización, rigidez a la pared;

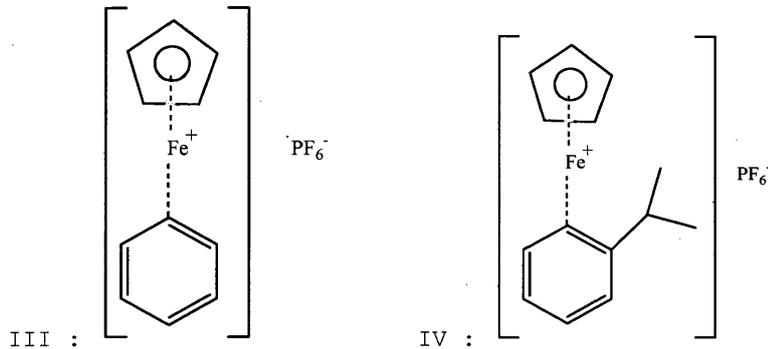
45 - una membrana 4 externa, por ejemplo de Kapton® con aluminio.

En particular, y según el modo de realización preferido, las capas 2 de material compuesto son tejidos preimpregnados compuestos por un material tal como se describe en el documento FR 2876983. Concretamente, una resina epoxídica, por ejemplo de tipo DER 330® o DER 332®, está acoplada a un fotoiniciador de hexafluorofosfato de ciclopentadienil-1-metil-naftaleno ferroceno de fórmula II:

50



También puede considerarse un hexafluorofosfato de ciclopentadienil-benceno ferroceno (fórmulas III o IV).



5 Evidentemente también es posible usar un material compuesto polimerizable parcialmente al menos por radiación ultravioleta, cuya la resina es por ejemplo acrilato y el fotoiniciador sensible a UV.

10 La realización del poste 7, en particular el plegado 9 según un diseño adaptado, requiere herramientas específicas, que no pueden alcanzar esta longitud de 10 m. Por tanto, el poste 7 está separado en un primer elemento 10 de estructura y un segundo elemento 20 de estructura, que son ventajosamente de naturaleza idéntica, por una zona 30 de unión.

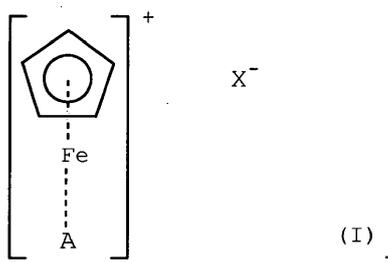
15 Para realizar el ensamblaje según la invención, con el fin de disminuir la zona de fragilidad y evitar los sobreespesores demasiado importantes, es preferible realizar la unión "escalonada" a nivel de las diferentes películas de la estructura y tal como se ilustra en la figura 3. En particular, al nivel del extremo del primer elemento 10, el depósito 13 flexible interno se prolonga más allá de las capas 12 de material compuesto que a su vez se prolongan más allá de la película 14 externa; naturalmente cualquier otra configuración sería posible, según la naturaleza del ensamblaje y el número de capas 2. La misma geometría invertida se encuentra en el segundo elemento 20 que se ensamblará extremo con extremo con el primero, de manera que hay un recubrimiento parcial dos à dos de cada una de las películas.

20 La unión entre las películas 14, 24 externas y 13, 23 internas puede realizarse de manera clásica, concretamente por un pegado adaptado o una fusión térmica. El ancho de la superposición de cada una de esas películas entre los dos elementos 10, 20 estructurales está dimensionado según los criterios conocidos, con vistas a realizar ese pegado, por ejemplo en 10 mm.

25 En lo que se refiere a la parte 12, 22 de material compuesto, un ensamblaje pegado presenta dificultades, debido a la ausencia de polimerización del componente, y en particular debido a esfuerzos que se concentran allí durante el despliegue.

30 Habitualmente, otra técnica de ensamblaje entre dos capas 2 preimpregnadas se realiza mediante polimerización de manera que la resina de impregnación desempeña en cierta medida el papel de adhesivo entre las diferentes capas: así es como se realizan los apilamientos. No obstante, esta tecnología va acompañada automáticamente por la rigidización del conjunto, y no puede aplicarse para una estructura Gossamer.

35 Según la invención, se usa una polimerización puntual que deja suficiente espacio entre los puntos polimerizados con el fin de conservar toda la flexibilidad de los materiales preimpregnados. Esta posibilidad la ofrece la elección de una resina de impregnación sensible a una radiación, en particular a la luz; debido a ello, el material preimpregnado comprende una resina fotosensible que podrá cocerse y permitir la rigidización de la estructura una vez inflada. En particular, el material preimpregnado comprende ventajosamente una resina epoxídica o de epóxido-acrilato, y un fotoiniciador, elegido de las sales de complejo hierro-areno de fórmula general (I) en la que A representa un grupo areno, mientras que X representa un anión no nucleófilo:



el material preferido comprende una resina epoxídica con hexafluorofosfato de ciclopentadienil-benceno ferroceno o hexafluorofosfato de ciclopentadienil-1-metil-naftaleno ferroceno.

5 La naturaleza química del material preimpregnado ofrece así la posibilidad de una reticulación local del material compuesto. Esta polimerización local, realizada por medio de una radiación seleccionada en función de la naturaleza del material preimpregnado, permite una cohesión entre las dos capas de resina, una conexión "soldada" perfectamente localizada y que no se extiende a las zonas no irradiadas.

10 El principio según la invención se esquematiza en la figura 4: la primera capa 12 y la segunda capa 22, fabricadas de material preimpregnado, es decir que su resina no está polimerizada, se superponen localmente en una zona 30 de unión; se aplica una presión para obtener un buen contacto. Encima de la unión, se aplica localmente una máscara 40 con un diseño particular que comprende partes 42 de irradiación y partes 44 opacas. A continuación se irradia el conjunto, mediante luz en el contexto de una resina parcialmente fotosensible tal como se presentó  
15 anteriormente. Según el diseño de la máscara 40, eventualmente mediante calentamiento adicional, se producirá una polimerización de puntos 32 particulares, y una cohesión de las dos capas enfrentadas, mientras que entre dos puntos 32 de soldadura, lo que corresponde a las partes 44 opacas de la máscara 40, las dos capas 12, 22 no interactúan y forman una simple superposición 34. Ventajosamente, con el fin de evitar cualquier comienzo de rigidización, la máscara 40 se prolonga mediante una protección 46 opaca que permite garantizar que la irradiación  
20 sólo afecta a los puntos 32 de soldadura.

Con fines de solidez, aunque puntual, la polimerización conserva preferiblemente una continuidad a la unión 30 de material compuesto. En cambio, para conservar su flexibilidad en el ensamblaje, los puntos 32, que se rigidizan, deben ser suficientemente pequeños y alejados entre sí. Con el fin de realizar este tipo de ensamblaje para una estructura Gossamer, está previsto que la zona 30 de recubrimiento entre las dos capas 12, 22 de material compuesto sea suficientemente extensa para que los puntos 32 puedan diseminarse de manera alejada entre sí, es decir distanciados en al menos su tamaño de su vecino.  
25

Se ha observado que, para un material compuesto tal como el presentado anteriormente, puntos 32 de polimerización de aproximadamente 4 mm de diámetro podrán obtenerse fácilmente, al tiempo que se conserva su función durante el inflado, y una flexibilidad relativa de las láminas, cuando están suficientemente alejados entre sí.  
30

Teniendo en cuenta que la zona 30 de unión puede ser relativamente extensa y para garantizar la conexión, es preferible realizar una unión en dos partes, entre las cuales es posible proceder por ejemplo a un plegado. En particular, según un modo de realización ventajoso, la zona 30 de unión puede separarse en tres bandas paralelas, una primera banda 30<sub>1</sub> de ensamblaje, una banda 38 intermedia en la que las películas 12, 22 de material compuesto están yuxtapuestas y no soldadas, es decir que conservan toda su flexibilidad, y una segunda banda 30<sub>2</sub> de ensamblaje.  
35

El plegado de una estructura puede ser además complicado. Por ejemplo, para un poste 7 ilustrado en la figura 2, los trazos de pliegue pueden formar hexágonos cortados; según otras geometrías, pueden considerarse otros dibujos más o menos complejos. La zona 30 de unión puede, en estos casos, prever otras "bandas intermedias" destinadas a formar las zonas en las que se realizará un pliegue, pudiendo cruzarse las bandas 38 en dibujos variados.  
40

Por otro lado, si la capa 12, 22 de material compuesto intermedia se realiza a partir de varias películas, y concretamente dos tal como se ilustra en la figura 3, resulta ventajoso realizar un escalonado entre las diferentes películas, concretamente con un cruce: la capa 22A externa del segundo elemento 20 se suelda en su parte de extremo a las capas 12A externa y 12B interna del primer elemento 10, y la capa 12B interna del primer elemento 10 se solidariza en su parte de extremo con las capas 22A externa y 22B interna del segundo elemento 20. Una de las bandas 38 intermedias comprende entonces la superposición únicamente de las capas 12A, 22A externas de los dos elementos 10, 20 estructurales.  
45  
50

Según el modo de realización preferido presentado anteriormente, se prevé así una zona 30 de recubrimiento de 74 mm entre las capas 12, 22 de material compuesto, con una primera banda 30<sub>1</sub> de 32 mm, una banda 38 intermedia de 10 mm, y una segunda banda 30<sub>2</sub> de 32 mm. Para el diámetro previsto de 160 mm, cada banda 30<sub>1</sub>, 38, 30<sub>2</sub> tiene una longitud de 126 mm.  
55

En la figura 5 se ilustra un esquema para una máscara 40 de polimerización adaptada: las bandas 40<sub>1</sub>, 40<sub>2</sub> de irradiación están por tanto "cuadrículadas" en un ancho de ocho zonas posibles de irradiación. En cada ancho, un único punto 42 de irradiación permitirá la polimerización, con el fin de conservar al máximo la flexibilidad de la banda 30 de ensamblaje, estando además los puntos 42 distribuidos aleatoriamente para enmascararse o no por la luz.  
60

De manera más general, según un modo preferido de realización de la invención, la polimerización se realiza de manera localizada y discreta en una banda 30<sub>i</sub> de ensamblaje de un ancho predefinido y de longitud que atraviesa las dos capas 12, 22 de material compuesto que van a ensamblarse. La zona 30 de unión está dividida en una  
65

cuadrícula de puntos 32 de soldadura en los sentidos longitudinal y lateral. La máscara 40 está diseñada de manera que la proyección en el sentido de la longitud sobre el borde 48 de la banda 40<sub>i</sub> de todos los cuadrados 42 que se polimerizan forma una línea continua. Ventajosamente, sólo un cuadrado 42 en el ancho permitirá la polimerización, con el fin de rigidizar lo mínimo la estructura.

5

En particular por motivos de seguridad, puede ser ventajoso duplicar esta configuración, con la realización en la máscara 40 de dos partes 40<sub>1</sub>, 40<sub>2</sub> de irradiación, idénticas o simétricas u otras, separadas entre sí por una parte 48 opaca a la radiación de activación de la resina, cuyo ancho depende del uso de la parte 38 correspondiente en el ensamblaje, en particular suficiente para permitir un plegado, y de 10 mm en el modo de realización preferido.

10

Por otro lado, tal como se presentó anteriormente, además de la parte 48 opaca, la máscara 40 puede comprender otras partes opacas que forman bandas en las que está previsto un pliegue. Así, tal como se ilustra en la figura 5, se considera un pliegue "cuadrado", y la máscara 40 está diseñada con bandas cruzadas destinadas a formar los pliegues P1, P1', P2, P2'. Naturalmente, también puede considerarse un esquema para formar el dibujo de la figura 2 y forma parte de la invención. Una máscara según la invención comprende por tanto una pluralidad de bandas de irradiación separadas por bandas opacas, formando esas bandas opacas un esquema predefinido y optimizado.

15

Así, en la figura 6 se esquematiza un modo de realización de un poste 7 según la invención.

20

En un primer momento (figura 6A), las diferentes películas de material (a saber depósito 13 flexible interno, capas 12A, 12B de material compuesto y capa 14 externa) se enrollan alrededor de un mandril 50; su formación cilíndrica se realiza tal como es habitual en este campo, mediante pegado por ejemplo o mediante un procedimiento según la invención. El mandril 50 comprende ventajosamente perforaciones 52 que permitirán una desgasificación.

25

En un segundo momento, se realiza el primer extremo del poste 7, mediante integración en una primera base 8, preferiblemente de aleación de aluminio: figura 6B. Tal como es habitual, se acopla una herramienta 54 de integración al mandril 50; las películas 12, 13, 14 de material se disponen de manera que las capas 14 externa y 13 interna, destinadas a la solidarización en la base 8, sobresalen con respecto a las capas 12 de material compuesto. Entonces se procede a un pegado del depósito 13 flexible interno sobre el elemento 8 de base, y de la capa 14 externa sobre la capa 13 interna, ejerciendo una presión sobre el adhesivo 15 elegido o formando una soldadura 16 térmica.

30

En una tercera etapa ilustrada en la figura 6C, se pliega el conjunto de películas 12, 13, 14, tal como es habitual, y se retira del mandril 50. Puede aplicarse un vacío por medio de las perforaciones 52, de manera que la capa 13 interna quede pegada al mandril 50.

35

Por tanto se obtiene una base 8 de poste 7, que está acoplada a un fuelle 10' de estructura de material compuesto, ventajosamente almacenado alrededor de una herramienta 56 cuadrada de almacenamiento. Un extremo de la estructura 10' de material compuesto permanece sin embargo sin plegar y alrededor del mandril 50. De manera habitual, este extremo se acoplará a la segunda base del poste 7.

40

En el contexto de la invención, desea realizarse un poste más largo. Entonces se procede a un ensamblaje de esta parte no plegada con un segundo elemento 20 de naturaleza similar al primero. El segundo elemento 20 se coloca alrededor del mandril 50, en el lado opuesto al primero, con un recubrimiento 30 parcial entre las diferentes capas de los dos elementos 10, 20 estructurales: figura 6D. Tal como se precisó anteriormente, es preferible que el recubrimiento se realice de manera escalonada.

45

Con el fin de realizar el ensamblaje, al nivel de la unión 30, se coloca una máscara 40 de irradiación, por ejemplo la de la figura 5, preferiblemente asociada a una capa 46 de protección contra la luz en los lados de la máscara 40, con el fin de asegurarse de polimerizar la resina, eventualmente de manera parcial, sólo en los puntos 32 previamente definidos. La zona 30 de unión se irradia a través de la máscara 40, por ejemplo por medio de un panel 60 electroluminiscente con luz visible. Si la resina lo necesita, la polimerización puede completarse mediante un tratamiento térmico.

50

Ventajosamente, las capas 13, 14 internas y externas también se ensamblan parcialmente por medio del calor.

55

Así se obtiene un conjunto compuesto por un primer elemento 10 de estructura solidarizado en un extremo con una base 8 de poste, después plegado en fuelle 10', después enrollado alrededor del mandril 50, y un segundo elemento 20 de estructura enrollado alrededor del mandril 50, estando superpuestos los elementos 10, 20 primero y segundo al nivel de una zona 30 de ensamblaje en la que se unen parcialmente.

60

Entonces es posible continuar el plegado, de manera continua con el plegado del primer elemento 10, y en particular colocando un pliegue al nivel de la zona 38 no polimerizada entre las dos bandas 30<sub>1</sub>, 30<sub>2</sub> de unión, así como al nivel de las otras zonas no polimerizadas como consecuencia de las bandas P1, P1', P2, P2'.

65

En el caso de un poste 7 compuesto por dos elementos 10, 20 de estructura, en particular un poste de una decena

de metros, el extremo exterior del segundo elemento se integra en una base 8 (figura 6E), antes de realizar el plegado (figura 6F).

5 Las pruebas han demostrado que este modo de realización permite obtener un poste 7 que cumple las condiciones requeridas para un uso espacial tal como se conoce. Además, no ha sido necesaria ninguna adaptación del material habitualmente usado: los postes 7 se han plegado y desplegado usando las herramientas habituales, en particular el TADECS. No se ha observado ninguna influencia de la zona 30 de ensamblaje durante el plegado, ni durante el despliegue. El comportamiento del poste realizado según el modo de realización anterior no ha sido diferente del de un poste "normal" unitario, al igual que el perfil de inflado por presión no se ha modificado. Sobre todo, no se ha observado ningún daño en el propio poste 7 al nivel de la zona 30 de ensamblaje. De hecho, el pegado de la membrana 14, 24 externa es el único signo visible de que se ha realizado una unión entre dos elementos 10, 20 estructurales separados.

15 El procedimiento según la invención cumple por tanto completamente con las exigencias en el campo aeroespacial. Permite concretamente la realización de un poste de longitud ilimitada, sin aumento del coste del material.

20 Naturalmente, es posible considerar la unión de varios elementos extremo con extremo, con el fin de realizar una estructura aún más larga. Además, aunque en el presente documento se presenta con una resina fotosensible al menos parcialmente a la luz para una estructura inflable Gossamer, otros modos de realización son posibles: el procedimiento de ensamblaje según la invención permite una unión estanca sin añadir material, en materiales preimpregnados, al tiempo que conservan sus características de flexibilidad y de polimerización futuras. En particular, naturalmente varias etapas del procedimiento descrito no son obligatorias: la colocación de las bases de extremo sólo afecta evidentemente a la realización de estructuras de despliegue de tipo Gossamer.

25 Aunque se describe alrededor de un mandril puesto a vacío, la presencia de este último no es indispensable. En particular, el objetivo del mandril es facilitar el plegado del tubo. Esto tiene que ver con la estructura anterior, o más generalmente con una estructura en fuelle. El procedimiento de ensamblaje según la invención puede usarse naturalmente sin que esté previsto un plegado.

30 Asimismo, el procedimiento no se limita al ensamblaje entre dos partes del tubo: es posible soldar dos elementos estructurales planos entre sí. Por ello no se ha descrito el pegado de las películas de plástico externa e interna, con el fin de realizar esta estructura tubular, ya que el experto en la técnica lo conoce: la única exigencia es que el adhesivo usado sea compatible con un uso en el espacio, y en particular, no debe emitir gases a vacío.

35 No obstante, es posible, tal como se ilustra en la figura 7A, usar un ensamblaje según la invención también para cerrar una estructura 110 tubular: un material 112 preimpregnado plano puede "cerrarse" sobre sí mismo y el borde 113 de superposición se suelda mediante un procedimiento de ensamblaje según la invención.

40 La figura 7A ilustra además una estructura compleja que puede realizarse mediante un procedimiento según la invención: una primera estructura 110 tubular se acopla a una segunda estructura 120 tubular con el fin de formar una T (o cualquier otro ángulo distinto de 90°, incluso formar una Y); la segunda estructura 120 tubular también puede haberse formado a partir de una lámina plana soldada mediante la polimerización 123 local anterior. La zona 130 de ensamblaje se realiza mediante un procedimiento según la invención. Naturalmente, es posible duplicar esta configuración, para obtener una X, o cualquier otra forma.

45 De manera más general, el procedimiento según la invención permite realizar cualquier estructura, una vez que la zona de ensamblaje, eventualmente de plegado, permite la definición de una máscara de polimerización adaptada. En particular, tal como se ilustra en la figura 7B, es posible ensamblar elementos 140<sub>1</sub>, 140<sub>2</sub>,... planos preimpregnados mediante zonas 150 de ensamblaje y formar así una estructura 160 esférica. El ensamblaje de tubos 170; extremo con extremo mediante una zona 180 de unión puede permitir, además de la realización de un poste, la formación de una estructura 190 cerrada de tipo toro ilustrada en la figura 7C. Todo lo anterior se indica a modo de ejemplo.

55 Si bien, en el caso de estructuras delgadas, la polimerización mediante luz o UV es suficiente, para estructuras de hasta varios centímetros de espesor puede ser preferible usar una polimerización por electrones, con todas las tecnologías intermedias conocidas (rayos X en particular). Esto entra dentro del contexto de ensamblaje según la invención.

60 No obstante, ventajosamente, los productos realizados según la invención se usan concretamente para la fabricación de dispositivos de tipo radares, paneles solares, reflectores, parasoles, antenas, espejos o velas solares, destinados a equiparse en naves orbitales tales como satélites, telescopios o estaciones orbitales, o vehículos de exploración espacial o planetaria tales como sondas o robots.

## REIVINDICACIONES

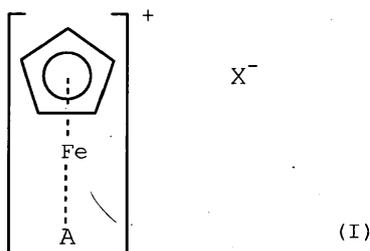
1. Procedimiento de ensamblaje de un primer elemento (10) estructural y de un segundo elemento (20) estructural según una longitud de ensamblaje predeterminada, comprendiendo cada uno de los dos elementos al menos una capa (12, 22) de material preimpregnado polimerizable al menos parcialmente bajo una radiación predeterminada, comprendiendo el procedimiento: la superposición de los dos elementos (10, 20) en una zona (30) de unión de ancho predefinido sobre la longitud que va a ensamblarse, y la irradiación mediante una radiación adaptada al material (12, 22) preimpregnado de puntos (32) discretos de una banda de ensamblaje de la zona (30) de unión de manera que se obtiene una polimerización local cruzada de los dos materiales (12, 22) preimpregnados sobre esta banda.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende la colocación de una máscara (40) que comprende partes (44) opacas y partes (42) que permiten el paso de la radiación en la zona (30) de unión antes de la irradiación, y la irradiación a través de la máscara (40) de manera que los puntos (32) de polimerización vienen dados por la geometría de la máscara (40).

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que la zona (30) de unión puede cortarse en bandas (30<sub>1</sub>, 30<sub>2</sub>) de ensamblaje en las que se realiza la polimerización local, estando separadas las bandas de ensamblaje por una banda (38, P1) intermedia en la que las dos capas de material preimpregnado no se polimerizan y permanecen yuxtapuestas.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que la proyección sobre el borde longitudinal de una banda (30<sub>1</sub>) de ensamblaje al menos de los puntos (32) discretos de polimerización forma una línea continua.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el material preimpregnado está formado por un material fibroso impregnado con una composición que encierra una resina epóxica o de epóxido-acrilato y un fotoiniciador, elegido de las sales de complejos de hierro-areno de fórmula general (I):



en la que A representa un grupo areno, mientras que X representa un anión no nucleófilo, y la irradiación se realiza por medio de la luz.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que los elementos estructurales comprenden además al menos una película (3, 4) transparente a la radiación sobre una cara de la capa (12, 22) de material preimpregnado.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que los elementos (10, 20) estructurales son tubulares y comprenden la colocación sobre un mandril (50) del primer elemento (10) y del segundo elemento (20) extremo con extremo.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, que comprende además el plegado de una parte (10') de extremo del primer elemento (10) antes del ensamblaje con el segundo elemento (20).

9. Procedimiento según la reivindicación 8, que comprende además el plegado, tras el ensamblaje, de la parte no plegada del primer elemento (10), de la zona (30) de unión y del segundo elemento (20).

10. Uso del procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 9 para fabricar una estructura espacial inflable.

11. Estructura que comprende un primer elemento (10, 110, 140, 170) y un segundo elemento (20, 120, 140, 170), comprendiendo cada uno una capa (12, 22) de material preimpregnado sensible a una radiación de polimerización, estando superpuestos el primer y el segundo elemento (10, 20, 110, 120, 140, 170) al nivel de una zona (30, 130, 150, 180) de unión, caracterizada porque la zona (30, 130, 150, 180) de unión comprende una banda de ensamblaje en la que los materiales (12, 22) preimpregnados primero y segundo se conectan mediante polimerización cruzada al nivel de puntos (32) discretos.

12. Estructura según la reivindicación 11, en la que la zona (30) de unión comprende bandas (30<sub>1</sub>, 30<sub>2</sub>) de

ensamblaje separadas por una zona (38) intermedia en la que los dos materiales (12, 22) preimpregnados están yuxtapuestos sin polimerización reticulada.

- 5 13. Estructura según una de las reivindicaciones 11 a 12, en la que la proyección de los puntos (32) discretos sobre el borde de cada banda (30<sub>1</sub>) de ensamblaje que atraviesa la estructura forma una línea continua.
14. Estructura según una de las reivindicaciones 11 a 13, en la que cada uno de los elementos (10, 20, 110, 120, 170) es tubular, extendiéndose la zona (30, 130, 180) de unión por la circunferencia de un tubo.
- 10 15. Estructura según una de las reivindicaciones 11 a 14, en la que al menos una parte está plegada en fuelle (10').
16. Estructura según la reivindicación 15, que comprende un pliegue en la zona (30) de unión.
- 15 17. Poste (7) de manipulación espacial inflable que comprende una estructura según una de las reivindicaciones 15 a 16.
18. Máscara (40) de irradiación que comprende una parte (42) de irradiación que comprende puntos discretos de paso de radiación.
- 20 19. Máscara según la reivindicación 18, que comprende una primera y una segunda parte (40<sub>1</sub>, 40<sub>2</sub>) de irradiación, que comprenden puntos discretos de paso de radiación, separadas por una parte (48). central opaca a la radiación
- 25 20. Máscara según una de las reivindicaciones 18 ó 19, en la que la proyección sobre el borde de cada parte (40<sub>1</sub>) de irradiación de los puntos (42) discretos forma una línea continua.
21. Máscara según la reivindicación 20, en la que sólo hay un punto (42) discreto presente en el ancho de cada parte de irradiación.
- 30 22. Máscara según una de las reivindicaciones 19 a 21, en la que las partes (48, P1, P2) centrales opacas forman un esquema predeterminado que puede servir de base para un plegado.

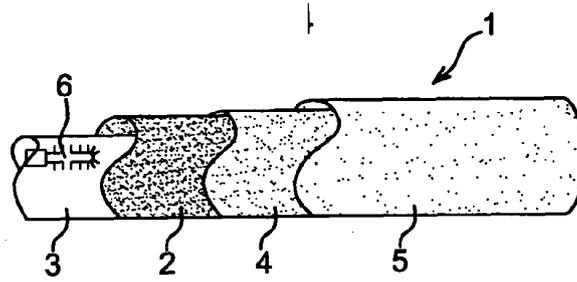


FIG. 1

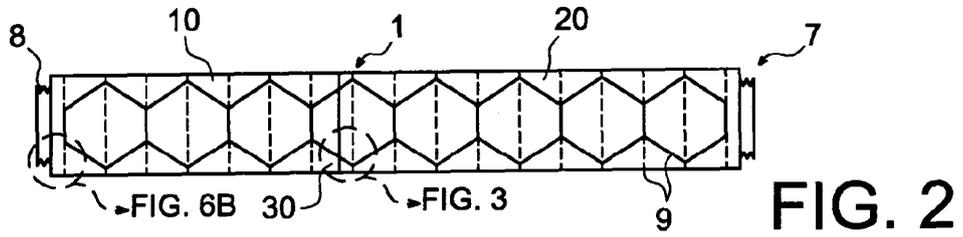


FIG. 2

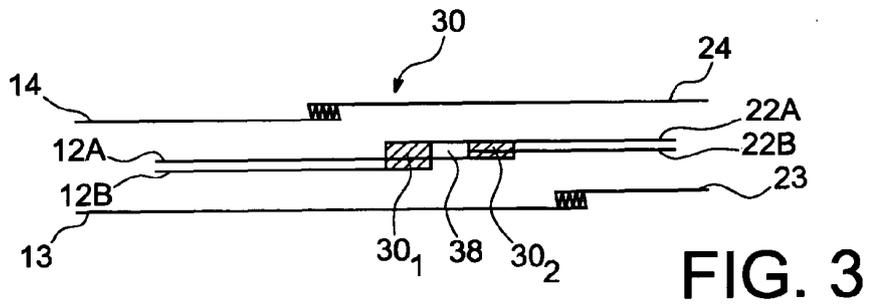


FIG. 3

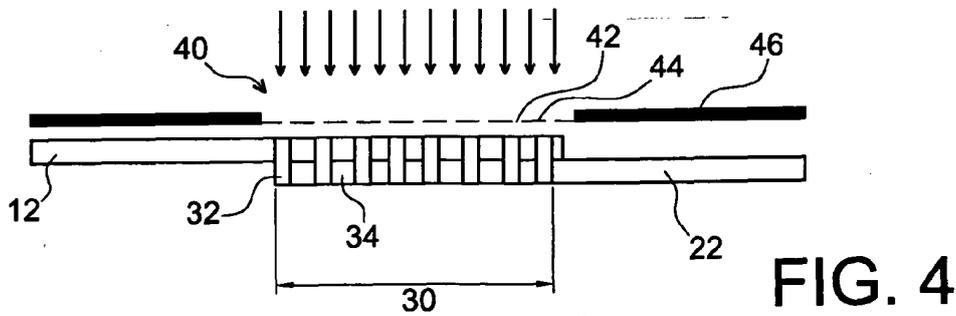


FIG. 4

