

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 462 520**

51 Int. Cl.:

B29C 70/44	(2006.01)
B29L 31/00	(2006.01)
B29D 99/00	(2010.01)
B64C 3/18	(2006.01)
B29K 105/24	(2006.01)
B64C 1/06	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.03.2011 E 11157118 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2014 EP 2364837**

54 Título: **Un método de fabricación de mástiles, largueros y vigas de fuselaje que tienen sección transversal variable en forma de H**

30 Prioridad:

08.03.2010 IT TO20100175

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

23.05.2014

73 Titular/es:

**ALENIA AERONAUTICA S.P.A. (100.0%)
Via Ing. Paolo Foresio 1
21040 Venegono Superiore, IT**

72 Inventor/es:

**INSERRA IMPARATO, SABATO;
AVAGLIANO, LUIGI;
CAPASSO, LUIGI;
D'AGOSTINO, EMMANUELE;
DI TOMMASO, LUCA y
IAGULLI, GIANNI**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 462 520 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

Un método de fabricación de mástiles, largueros y vigas de fuselaje que tienen sección transversal variable en forma de H

5 La presente invención se refiere al campo de la construcción de aeronaves en general, y más específicamente a un método para la fabricación de vigas de material compuesto, tal como mástiles de alas y empenaje y vigas de fuselaje, que tienen una sección en forma de H que es variable a lo largo de su longitud.

10 En muchas aplicaciones, los mástiles o vigas de una estructura de una aeronave tienen una sección transversal en forma de H. Para algunas aplicaciones específicas, la altura del mástil o de la viga varía en ciertas zonas a lo largo de su longitud, de tal modo que la pestaña superior o la inferior tiene un perfil no rectilíneo. Más típicamente, la pestaña inferior ha de ser elevada en una zona dada, y por consiguiente el alma es localmente más corta, mientras que la forma y las dimensiones de la pestaña superior se mantienen sin cambio.

15 Para algunas de esas aplicaciones, por ejemplo en el caso de las vigas de suelo para una aeronave de pasajeros, es particularmente importante asegurar la precisión geométrica de la viga. Por encima de todo, es necesario asegurar la planitud de la pestaña inferior de la sección en H, puesto que ésta se encuentra sujeta a los elementos de suelo y al alma por medio de la cual la viga está conectada a las estructuras del fuselaje.

20 Útiles de polimerización, conocidos también como "moldes emparejados", se utilizan normalmente para la fabricación de mástiles a partir de materiales compuestos, siendo estas herramientas soportes que pueden dar al mástil su forma final por medio de la aplicación simultánea de presión y calor en un autoclave. El útil de curación tiene la tarea de soportar y contener el mástil durante esas etapas. La tecnología actual se basa en el uso de útiles metálicos de molde y contramolde, que circundan completamente el componente y que tienen proyecciones y rebajes para producir las variaciones locales mencionadas anteriormente. En general, esos útiles rígidos están hechos de Invar y comprenden un útil de conformación superior, un útil de conformación inferior, y dos útiles laterales. El mástil que va a ser curado se posiciona sobre uno de los elementos metálicos y es encerrado por los otros elementos móviles desmontables del equipo. Todos esos elementos están encerrados en lo que se conoce como "bolsa de vacío", hecha de película de poliamida (nailon) a la que se ha aplicado un vacío. Este conjunto se dispone a continuación en un autoclave donde se aplica una combinación de calor y presión con una variación predeterminada en el tiempo. La presión aplicada a la bolsa de vacío se descarga sobre las partes metálicas de los útiles, los cuales transmiten a su vez la presión al mástil. Como resultado de esta compactación, la presión, combinada con el incremento simultáneo de la temperatura, consolida y cura la resina.

35 Si los componentes de los útiles de curado de la técnica anterior no están perfectamente conectados, o si su geometría no se empareja de manera precisa con la viga que va a ser fabricada, es posible que se apliquen presiones no uniformes al material compuesto no curado, más altas en determinadas zonas y más bajas en otras. Esto significa que las zonas de presión más alta contendrán menos resina, con una reducción del espesor local del mástil, mientras que las zonas de presión más baja pueden estar compactadas pobremente, conduciendo con ello posiblemente a la formación de porosidad en el mástil acabado. El problema es particularmente crítico en el caso de mástiles de espesor variable. Una junta imperfecta entre el borde del mástil que va a ser curado y el borde del útil crea también espacios vacíos, reduciendo con ello la cantidad de resina en el mástil y creando reducciones de espesor indeseables.

45 La patente de EE.UU. 5454895, a nombre de uno de los presentes inventores, describe un aparato y un método para fabricar una estructura de caja compuesta con un revestimiento superior unido a un revestimiento inferior por medio de una serie de mástiles paralelos, formados cada uno de ellos por la unión de dos elementos opuestos de sección en C. En este método, se proporcionan insertos alineados longitudinalmente y están envueltos en una serie de capas, en particular películas separadoras, y una o más capas de respiración. Una capa de revestimiento inferior, hecha de material termoendurecible curable reforzado con fibra (o "material compuesto"), se dispone sobre una placa de base de un molde de conformación; los elementos en forma de C de los mástiles preformados del mismo material compuesto, se disponen alrededor de los insertos y son envueltos según se ha descrito con anterioridad, y el conjunto completo se dispone a continuación sobre el revestimiento inferior. Un revestimiento superior de material compuesto se aplica a continuación por encima de los mástiles preformados, y la placa superior del útil de conformación se dispone por encima del revestimiento superior. Todos esos elementos son encerrados en una bolsa de vacío. Durante la etapa de curación en un autoclave, se aplica presión a las superficies externas de los revestimientos superior e inferior y a las pestañas inferiores de los mástiles con el fin de compactarlos contra las correspondientes placas del útil, mientras que las almas de los mástiles son compactadas por medio de las bolsas internas adyacentes. De ese modo, los insertos imparten una configuración a las bolsas tubulares internas de tal modo que esa forma sea tan próxima como sea posible a la forma final de la cavidad que se desea obtener. Esto se hace a efectos de evitar la formación de enlaces que pudieran conducir a la rotura de la bolsa durante la presurización y que se pudieran crear de ese modo zonas de radio incrementado. En la configuración descrita en el documento US 5454895, los insertos sirven también para limitar la deformación del conjunto formado por cada uno de los pares de bolsas tubulares internas adyacentes y las almas de los mástiles encerrados por las mismas. Esto se debe a que, cuando la resina fluidifica por medio del calor y el alma del mástil podría adoptar cualquier

configuración, las paredes de los insertos adyacentes restringen la membrana formada por las bolsas adyacentes y fuerzan el alma del mástil a mantenerse plana.

Un método de fabricación de una viga de material compuesto que tiene una sección transversal constante en forma de H a lo largo de su longitud es conocido a partir del documento US 4816106. Un mandril flexible para larguerillos conformados de material compuesto es conocido a partir del documento US 2006/0108057 A1. Un método de fabricación de mástiles y similares de material compuesto se divulga en el documento US 5639535. Un método de fabricación de elementos estructurales curvados de material compuesto se divulga en el documento WO 2009/037647 A2.

El objeto de la presente invención consiste por lo tanto en subsanar los inconvenientes mencionados con anterioridad y, específicamente, permitir que se fabriquen vigas con sección en H con un alto grado de precisión geométrica. La invención se basa en un principio según el cual la presión en el autoclave se aplica uniformemente a todas las partes de la viga que va a ser curada, y no a través de partes metálicas rígidas. Estos y otros objetos y ventajas, que aparecen de forma más clara en lo que sigue, han sido conseguidos de acuerdo con la invención mediante un método según se define en las reivindicaciones anexas.

Ahora se describirán unas pocas realizaciones preferidas, pero no limitativas, de la invención; se hará referencia a los dibujos anexos, en los que:

la figura 1 es una vista en perspectiva de un ejemplo de viga fabricada mediante el método de la presente invención;

la figura 2 es una vista esquemática, en sección transversal, de la viga de la figura 1 y de los útiles para conformarla;

la figura 3 es una vista esquemática, en perspectiva, de algunos útiles para conformación de la viga;

la figura 4 es una vista parcial en sección longitudinal vertical, tomada a lo largo de la línea IV-IV de la figura 2, en la que se han omitido algunas partes por motivos de ilustración;

la figura 5 es una sección transversal, similar a la de la figura 2, que muestra las presiones que actúan durante la etapa de polimerización en el autoclave;

la figura 6 es una vista esquemática del sellado de algunos elementos de los útiles de conformación por uno de los dos extremos de la viga;

la figura 7 es una vista en sección longitudinal tomada a lo largo de la línea VII-VII de la figura 5.

Con el fin de fabricar un mástil o una viga A de material compuesto con una sección transversal en forma de H del tipo mostrado en la figura 1, es necesario ensamblar, en primer lugar, el mástil en estado de no curado, usando procesos que son conocidos y que por lo tanto no van a ser descritos con detalle. Estos procesos incluyen habitualmente la laminación de chapas preimpregnadas con resina, seguido de la termoconformación de dos elementos seccionales con secciones transversales en forma de C. A continuación se aplica una capa de adhesivo a lo largo de las zonas de unión de cada una de las dos secciones, las cuales son ensambladas por medio de útiles auxiliares, siendo las dos almas adosadas entre sí. A continuación se aplican rellenos de sección triangular a lo largo de los rebajes longitudinales que están presentes en las zonas de conexión entre las almas y las pestañas de las dos secciones, produciendo de ese modo la sección en H. Las letras E, F y G (figura 2) indican, respectivamente, el alma, la pestaña superior y la pestaña inferior de la viga A.

En la descripción que sigue, se hace referencia de una manera genérica a una "viga". Este término puede indicar ya sea una viga del fuselaje o ya sea un mástil de un ala o del empenaje. Los perfiles superior y/o inferior de la viga no son rectilíneos. La expresión "perfil superior" indica el borde superior de la viga, visto desde el lateral, es decir perpendicularmente al plano en el que se extiende el alma de la viga. El perfil superior está delimitado por la superficie superior de la pestaña superior. De forma similar, la expresión "perfil inferior" indica el borde inferior de la viga, vista desde el lateral; el perfil inferior está delimitado por la superficie inferior de la pestaña inferior. En el ejemplo ilustrado, el perfil superior de la viga es rectilíneo, mientras que el perfil inferior es una línea discontinua formada por una secuencia continua de segmentos consecutivos horizontales e inclinados. A lo largo de la descripción y de las reivindicaciones anexas, los términos y expresiones que indican posiciones y orientaciones, tal como "longitudinal" o "transversal", deben ser interpretados con referencia a la dirección de extensión de la viga.

La viga A que va a ser curada, se sitúa sobre un útil 10 de conformación inferior para la pestaña inferior de la viga. La realización específica mostrada en los dibujos (véase la figura 1) se refiere a la fabricación de una viga que tiene dos porciones B extremas de mayor altura, una porción intermedia en la que el alma es más corta y la pestaña inferior está elevada, y dos porciones D de transición que enlazan la porción intermedia con las porciones extremas; en las porciones de transición, la pestaña inferior está inclinada. El útil 10 de conformación inferior tiene una superficie de conformación superior para dar a la pestaña inferior de la viga la forma mencionada anteriormente, y por lo tanto tiene, en este caso, dos porciones 10b extremas rebajadas, una porción 10c central elevada, y dos

ES 2 462 520 T3

rampas 10d de enlace. El número 11 indica el útil de conformación superior, que en este ejemplo es una placa horizontal plana.

5 Los números 12 y 13 indican dos insertos rígidos que son alargados en la dirección longitudinal de la viga y axialmente simétricos con respecto al plano P vertical en el que se extiende el alma de la viga. Cada inserto tiene una sección transversal vertical cuyas dimensiones varían en una o más porciones de su longitud, de tal modo que sus caras superior e inferior tienen perfiles congruentes con la cara inferior del útil superior y con la cara superior del útil inferior, respectivamente. Por lo tanto, en la realización específica mostrada en los dibujos (véase la figura 3),
10 cada inserto tiene una cara 12a, 13a superior rectangular plana y una cara inferior con dos porciones 12b, 13b extremas rebajadas, una porción 12c, 13c elevada intermedia, y dos rampas 12d, 13d de unión. Las caras superior e inferior están enlazadas por medio de dos caras laterales, de las que una cara 12e, 13e, que se enfrenta al alma E de la viga durante el uso, es plana. En el ejemplo ilustrado, las caras laterales del inserto son paralelas.

15 Cada inserto 12, 13 está envuelto en una serie de capas, la primera de las cuales es una bolsa 14, 15 tubular hermética al aire, con preferencia hecha de nailon. Una capa 16, 17 de respiración, hecha con preferencia de poliéster o de fibra de vidrio, está arrollada alrededor de la bolsa tubular. Un separador tubular, conocido como "película de liberación" 18, 19, hecho con preferencia de FEP, se aplica sobre la parte superior de la capa de respiración. El separador tubular se sella por ambos extremos, y se aplica vacío al mismo. El separador es presionado sobre el cuerpo del inserto; esto produce un inserto recubierto que tiene una forma definida de manera
20 precisa.

Los dos insertos recubiertos de esa manera son aplicados a la viga que va a ser curada, situándolos en los dos espacios laterales correspondientes o cavidades longitudinales a ambos lados del alma E, entre la pestaña F superior y la pestaña G inferior. Los insertos están soportados por sus extremos mediante soportes 20 extremos y, si
25 fuera necesario, por medio de uno o más soportes intermedios (no representados) que lleva, por ejemplo, el útil 10 inferior. Los soportes intermedios, si están previstos, están espaciados adecuadamente respecto a, o son equidistantes de, los soportes 20 extremos.

El útil 11 de conformación superior se sitúa a continuación por encima de la pestaña F superior y es soportado liberablemente por encima del útil 10 inferior, con preferencia por medio de una serie de soportes 24 liberables discretos, tal como columnas de soporte 24 laterales verticales longitudinalmente espaciadas. En una realización preferida, las columnas de soporte verticales laterales están asociadas a medios 25 de centrado, de forma cónica, piramidal o de cuña, por ejemplo, para el centrado preciso del útil superior con respecto al útil inferior.

35 Dos películas 22, 23 laterales externas herméticas al aire, con preferencia hechas de nailon, se aplican a continuación a los dos lados longitudinales opuestos de los útiles, para proporcionar una junta sellada lateral de los espacios entre los útiles superior e inferior. Se prefiere la opción de usar columnas de soporte laterales espaciadas para soportar el útil de conformación superior debido a que facilita las operaciones manuales de colocación de las películas 22, 23 laterales externas herméticas al aire contra las superficies laterales externas de los insertos 12, 13
40 recubiertos. Como realización alternativa y menos preferida, el útil de conformación superior está soportado por dos paredes verticales continuas en vez de por soportes laterales discretos.

Los extremos opuestos de la bolsa 14, 15 tubular que cubre cada inserto se sellan según se explica a continuación, de tal modo que cada bolsa tubular forma una de las dos partes de una envolvente pelicular que transferirá la
45 presión del ambiente del autoclave a los dos lados del alma de la viga y a las superficies mutuamente enfrentadas de las pestañas superior e inferior de la viga. Según se muestra esquemáticamente en las figuras 6 y 7, el borde superior de cada uno de los extremos longitudinales de cada una de las dos bolsas 14, 15 se sella al útil 11 superior, y el borde inferior se sella al útil 10 de conformación inferior. El borde central se sella al borde central de la bolsa adyacente, mientras que el borde lateral externo se sella a la respectiva película 22, 23 lateral externa hermética al
50 aire. Se aplica vacío al volumen entre cada bolsa tubular y los otros elementos a los se sella, por medio de una correspondiente válvula (no representada). La figura 7 muestra una sección transversal a través de este sistema de bolsa de vacío y su sellado.

El conjunto de útiles completo con el mástil introducido en su interior, se coloca en un autoclave, donde se aplican el
55 calor y la presión requeridos de acuerdo con procedimientos conocidos (según se ha indicado esquemáticamente en la figura 5) para curar la resina del mástil. La presión aplicada en el autoclave durante la etapa de curación es uniforme y provoca que las bolsas 14, 15 internas se hinchen, como resultado de lo cual se desprenden de los correspondientes insertos y comprimen el material compuesto. Los insertos sirven para dar a las bolsas tubulares internas una forma que sea tan próxima como sea posible al perfil deseado de la viga.

60 El número 26 identifica damas ilustradas esquemáticamente que se extienden en direcciones longitudinales paralelas y se proyectan verticalmente desde las caras opuestas de los útiles de conformación superior e inferior. Estas damas definen los bordes laterales de las pestañas de la viga; en el autoclave, las damas impiden que la resina fluya desde el mástil sin curar en respuesta a la presión aplicada.

65 Con la terminación del curado, la placa superior es retirada, por ejemplo elevándola con una grúa pórtico. Debido al

perfil inferior variable del mástil, los insertos no pueden ser arrastrados longitudinalmente hacia fuera, y ser por tanto extraídos por los laterales.

5 Se apreciará que la invención hace posible que se fabriquen vigas de calidad uniforme, controlada, libres de defectos asociados a los útiles metálicos de "moldes emparejados" discutidos en la introducción. En lo que se refiere a determinados aspectos, la presente invención proporciona también un método de fabricación de vigas con sección en H que tiene las mismas ventajas en términos de calidad y acabado superficial que las obtenidas para estructuras de caja multi-viga usando el proceso descrito en la citada Patente US 5454895. En particular, la invención reduce los riesgos de defectos de porosidad y de laminación; también reduce los costes de limpieza y preparación en los que se incurre con útiles metálicos convencionales. La precisión con la se forman las superficies de las pestañas también reduce los costes de ensamblaje de la viga en la aeronave. Se estima por lo tanto que los mástiles y las vigas de material compuesto con sección en H pueden ser fabricados mediante el método descrito a un coste que es un 10% más bajo que el del método convencional. Finalmente, la posibilidad de producir mástiles y vigas de material compuesto de sección en H con espesores y secciones transversales variables ofrece al diseñador una amplia gama de opciones para mejorar los diseños y reducir con ello el peso.

10 Se entiende que la invención no está limitada a las realizaciones descritas e ilustradas en la presente memoria, las cuales han de ser consideradas como ejemplos de realización del método de fabricación de vigas de material compuesto; de hecho, la invención puede ser modificada con respecto a las formas y dimensiones y a la disposición de las partes. Por ejemplo, el método es igualmente aplicable a la fabricación de una viga en la que ambos perfiles superior e inferior adopten forma de líneas discontinuas.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método de fabricación de una viga (A) de material compuesto que tiene una sección transversal variable en forma de H a lo largo de su longitud, incluyendo la viga una pestaña (G) inferior, un alma (E) y una pestaña (F) superior, teniendo al menos una (G) de las pestañas un perfil no rectilíneo cuando se ve en un plano vertical longitudinal, incluyendo el método las etapas de:
- 5 - ensamblar preliminarmente una viga (A) de material compuesto termoendurecible curable reforzado con fibra, en una condición de no curado;
 - 10 - proporcionar un útil (10) de conformación inferior que tiene una superficie de conformación inferior conformada de modo que da a la pestaña (G) inferior una forma predeterminada;
 - 15 - proporcionar un útil (11) de conformación superior que tiene una superficie de conformación superior conformada de modo que da a la pestaña (F) superior una forma predeterminada, en el que al menos una de dichas superficies de conformación tiene un perfil no rectilíneo visto en un plano vertical longitudinal;
 - 20 - proporcionar medios (24) de soporte liberables para soportar el útil superior por encima del útil inferior con las dos superficies de conformación sustancialmente alineadas una por encima de la otra;
 - 25 - proporcionar un par de insertos (12, 13) rígidos longitudinalmente alargados que son axialmente simétricos en torno a un plano (P) vertical longitudinal, en el que cada uno de los dos insertos tiene una cara inferior con un perfil acorde con el, o correspondiente al, perfil de la superficie de conformación inferior, una cara superior con un perfil acorde con el, o correspondiente al, perfil de la superficie de conformación superior, y una cara lateral que une las caras superior e inferior;
 - 30 - encerrar cada inserto (12, 13) rígido en una respectiva bolsa (14, 15) tubular hermética al aire;
 - 35 - extender la viga no curada sobre el útil (11) de conformación inferior, apoyando provisionalmente la pestaña (G) inferior sobre la superficie de conformación inferior;
 - 40 - acoplar los dos insertos (12, 13) en respectivos espacios laterales en los dos lados opuestos del alma (E), entre las pestañas (F) superior y (G) inferior, con las caras laterales de los insertos enfrentándose al alma de la viga que va a ser curada, y soportando los insertos con medios (20) de soporte fijos con respecto al útil (10) inferior;
 - 45 - posicionar el útil (11) de conformación superior por encima de la pestaña (F) superior de la viga, y soportar el útil de conformación superior con dichos medios (24) de soporte liberables;
 - 50 - sellar lateralmente los espacios entre el útil (11) superior y el útil (10) inferior sobre los dos lados longitudinales opuestos de la viga;
 - 55 - sellar los extremos opuestos abiertos de ambas bolsas (14, 15) tubulares de tal manera que la presión aplicada en un autoclave, en una etapa de curación posterior, provoque que las bolsas tubulares se hinchen, presionándolos contra las dos caras opuestas del alma y contra los pares de superficies mutuamente enfrentadas de las pestañas superior e inferior;
 - 60 - curar la viga (A) en un autoclave mediante aplicación de un ciclo programado de temperatura y presión;
 - 65 - con la terminación del curado, liberar los medios (24) de soporte liberables del útil (11) de conformación superior, retirar este útil, y extraer los insertos (12, 13) por los laterales desde la viga;
- en el que la etapa de sellar lateralmente los espacios por los dos lados longitudinales opuestos entre el útil (11) superior y el útil (10) inferior incluye la aplicación de dos respectivas películas (22, 23) laterales externas herméticas al aire, selladas cada una de ellas tanto al útil superior como al útil inferior; y
- en el que la etapa de sellar los extremos opuestos abiertos de ambas bolsas (14, 15) tubulares incluye las etapas de:
- 60 - sellar un borde superior de cada uno de los extremos longitudinales de cada una de las dos bolsas (14, 15) al útil (11) superior;
 - 65 - sellar el borde superior de cada uno de los extremos longitudinales de cada una de las dos bolsas (14, 15) al útil (10) inferior;
 - 65 - sellar el borde central de cada uno de los extremos longitudinales de cada una de las bolsas (14, 15) al borde central de la bolsa (15, 14) adyacente; y

ES 2 462 520 T3

- sellar el borde lateral externo de cada uno de los extremos longitudinales de cada una de las dos bolsas (14, 15) a la respectiva película (22, 23) lateral externa hermética al aire.

5 2.- Un método según la reivindicación 1, en el que la etapa de curación va precedida por la etapa de:

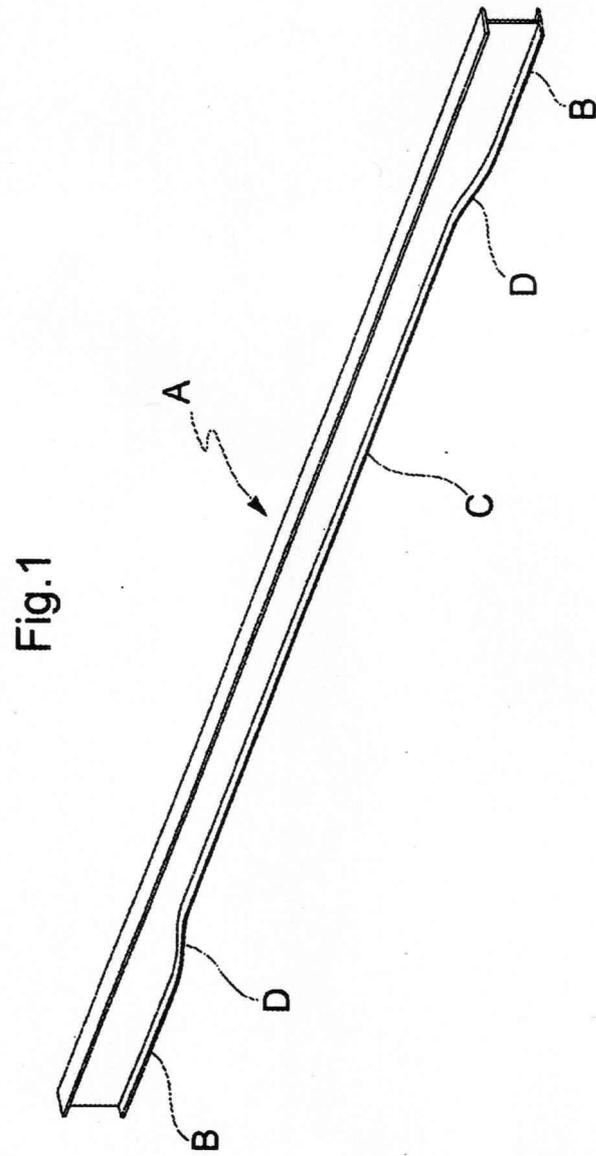
- aplicar un vacío al espacio entre cada bolsa (14, 15) tubular y los otros elementos a los que se sella esta bolsa.

10 3.- Un método según la reivindicación 1 ó 2, en el que los insertos (12, 13) son soportados por sus extremos mediante soportes (20) extremos en una condición de suspendidos por encima de la superficie de conformación inferior.

15 4.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el útil (11) superior es soportado por una pluralidad de soportes (24) discretos, separados longitudinalmente unos de otros.

5.- Un método según la reivindicación 4, en el que los soportes para el útil superior incluyen columnas de soporte (24) verticales laterales, espaciadas longitudinalmente unas de otras.

20 6.- Un método según la reivindicación 5, en el que las columnas de soporte (24) se asocian a medios (25) de centrado para permitir el centrado preciso del útil superior con respecto al útil inferior.



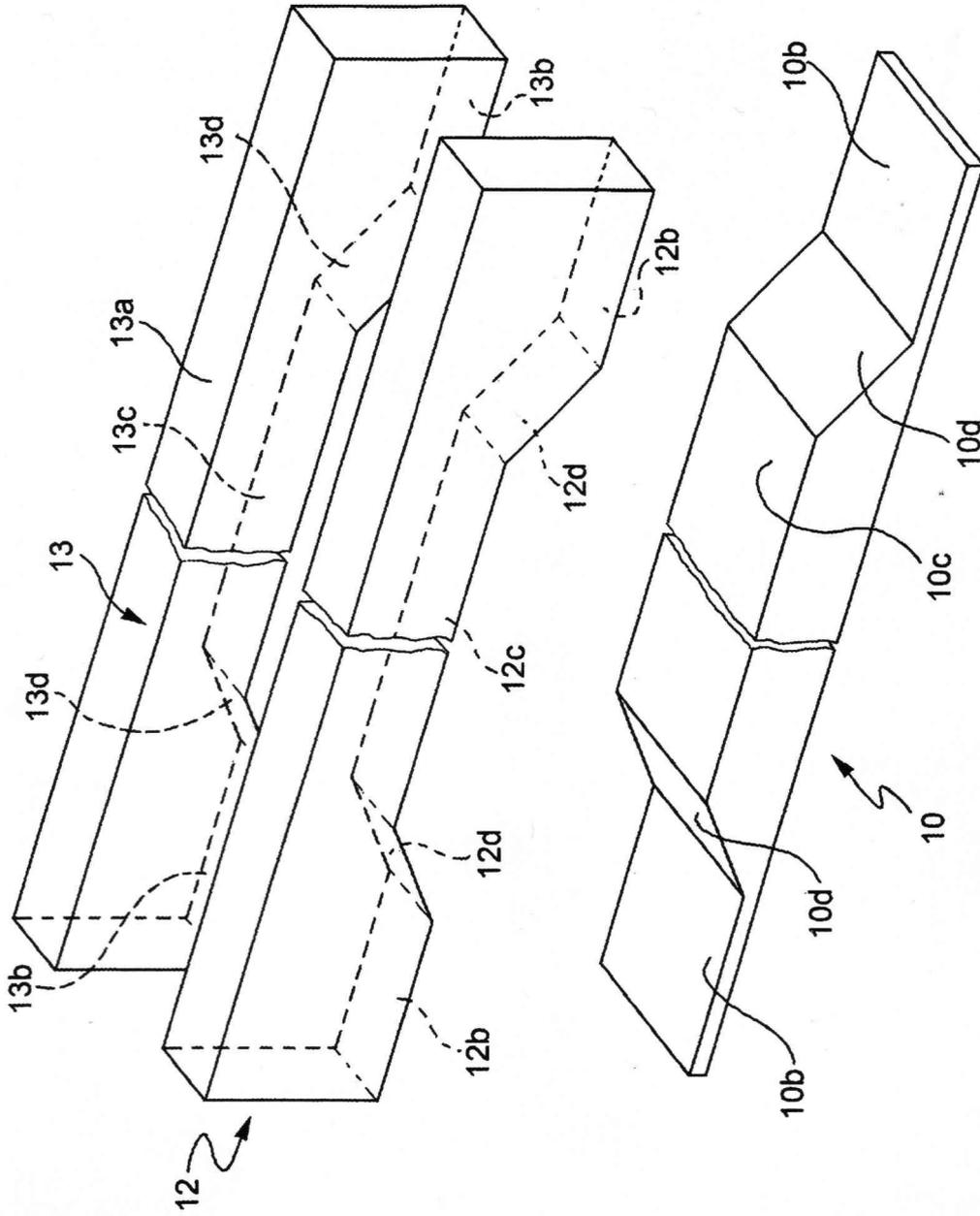
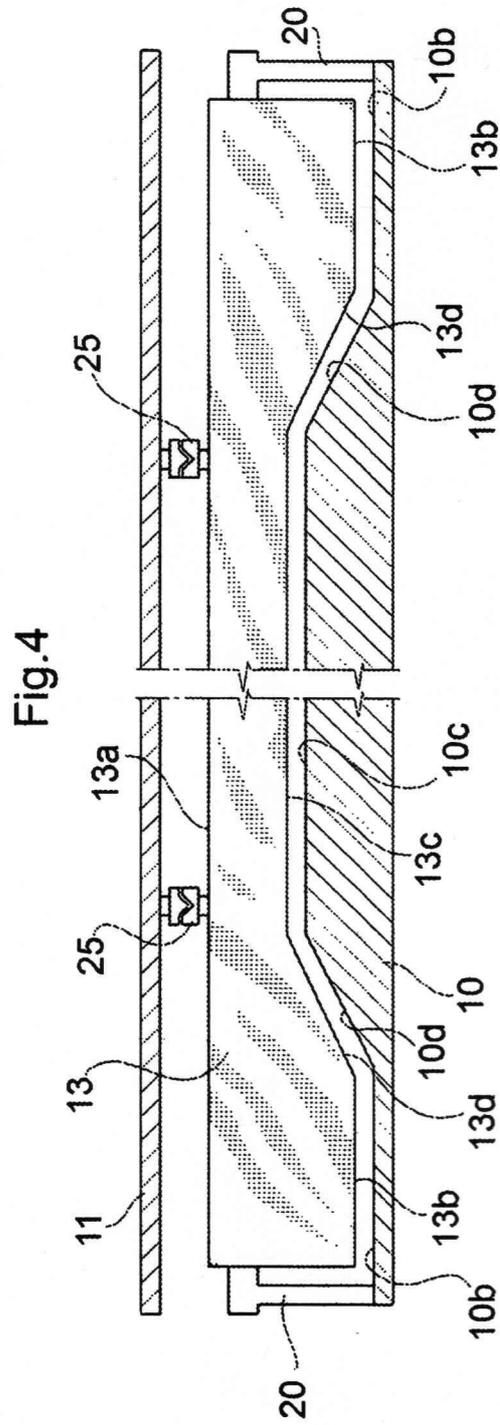


Fig.3



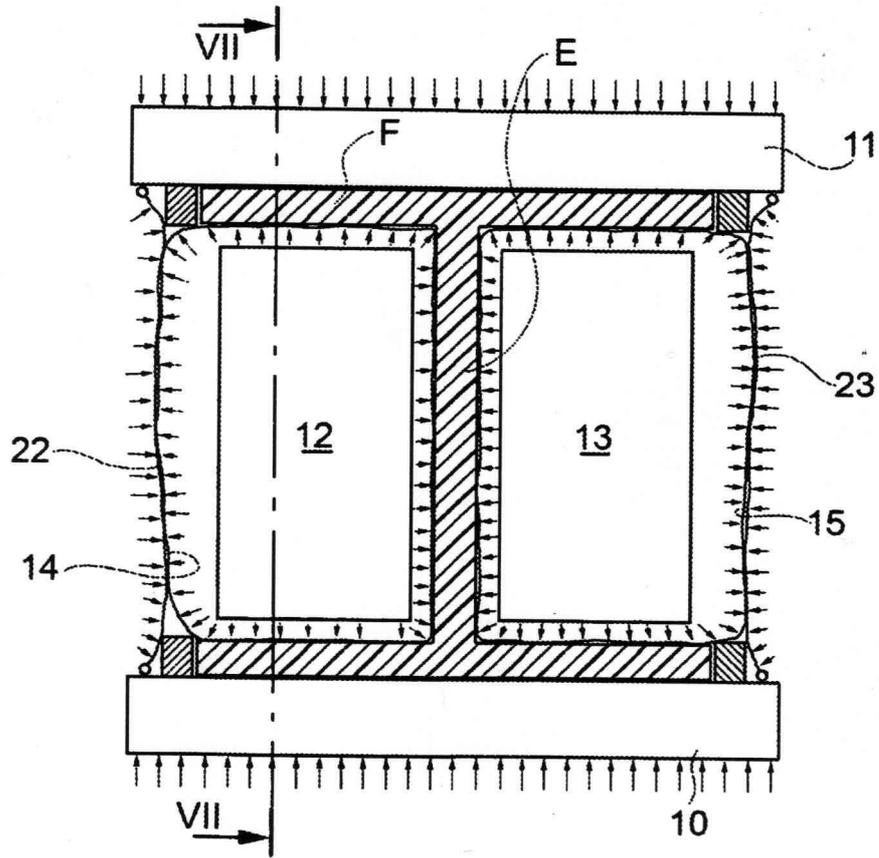


Fig.5

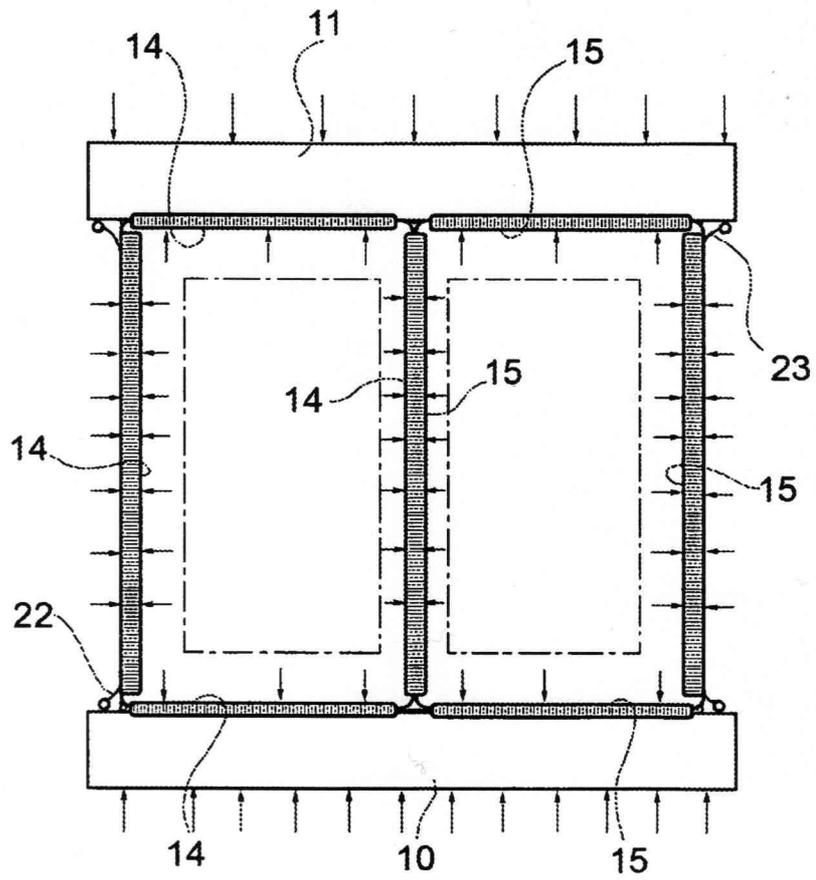


Fig.6

