

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 724 175**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/44** (2006.01)

**B29C 70/34** (2006.01)

**B29C 33/40** (2006.01)

**B29C 51/10** (2006.01)

**B32B 37/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2011 E 11007930 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2019 EP 2436512**

54 Título: **Procedimiento para la creación de una estructura de vacío para la fabricación de un componente de compuesto de fibras, así como troquel adecuado para el procedimiento**

30 Prioridad:

**02.10.2010 DE 102010047346**

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

**06.09.2019**

73 Titular/es:

**PREMIUM AEROTEC GMBH (100.0%)  
Haunstetter Strasse 225  
86179 Augsburg, DE**

72 Inventor/es:

**KULIK, CHRISTIAN y  
TÜMENA, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 724 175 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

Procedimiento para la creación de una estructura de vacío para la fabricación de un componente de compuesto de fibras, así como troquel adecuado para el procedimiento.

- 5 La presente invención se refiere al campo de la tecnología de compuestos de fibras y en este caso especialmente a un procedimiento para la creación de una estructura de vacío según el preámbulo de la reivindicación 1.

Por el documento DE 101 56 123 B4, por ejemplo, se conocen un procedimiento de este tipo, así como una estructura de vacío creada con el mismo. La estructura de vacío conocida sirve para el procesamiento de un semiproducto de compuesto de fibras, compuesto de varios componentes, en un componente de compuesto de fibras endurecido. Después de que el semiproducto de compuesto de fibras se ha posicionado en una superficie de moldeo de una herramienta, la superficie del semiproducto de compuesto de fibras opuesta a la superficie de moldeo de la herramienta queda cubierta por un conjunto de varias membranas y una lámina impermeable al aire. Una vez impermeabilizada la lámina con respecto a la superficie de moldeo de la herramienta, se puede ventilar (evacuar) un espacio cubierto por la lámina y que contiene el semiproducto de compuesto de fibras, a fin de llevar a cabo un endurecimiento de inclusión del semiproducto de compuesto de fibras en el que los distintos componentes del semiproducto de compuesto de fibras se endurecen y al mismo tiempo se unen firmemente entre sí (el así llamado "Co-Curing"). El documento EP 0329617 revela las características del preámbulo de la reivindicación 1. Las estructuras de vacío de este tipo se conocen en el campo de la tecnología de compuestos de fibras en muchos otros diseños.

20 Por lo tanto, en general es posible, por ejemplo, realizar o simplificar una infiltración del semiproducto de compuesto de fibras o de distintos componentes del mismo con un material de matriz líquido o viscoso (por ejemplo, un sistema de resina epoxi), si el semiproducto de compuesto de fibras o los distintos componentes de una composición de semiproducto de compuesto de fibras se utilizan "en seco" (es decir, aún no están infiltrados con el material de matriz).

25 Independientemente, la estructura de vacío representa una posibilidad sencilla de someter a presión al semiproducto de compuesto de fibras antes y/o durante el endurecimiento (en la mayoría de los casos provocado térmicamente), por ejemplo, para "compactar" el semiproducto de compuesto de fibras o, en el caso de un semiproducto de compuesto de fibras de varias piezas, también para apretar firmemente sus distintos componentes unos contra otros (y realizar un así llamado "Co-Bonding"). Para aumentar aún más el efecto del vacío (presión negativa) en la generación de presión, la cara exterior de la lámina impermeable al aire o toda la estructura de vacío se somete a menudo a una sobrepresión exterior, por ejemplo, colocando la estructura de vacío (por ejemplo, antes del inicio del endurecimiento) en una cámara de presión (autoclave). La presión interna de una cámara de presión de este tipo se puede ajustar durante el endurecimiento, por ejemplo, a valores del orden de aproximadamente 5 a 10 bar.

35 En los procedimientos conocidos para la creación de una estructura de vacío, la lámina se aplica manualmente, lo que supone un cierto esfuerzo, especialmente si la estructura de vacío sirve para la fabricación de un componente compuesto de fibras especialmente grande.

Dado que la lámina debe aplicarse directa o indirectamente (por ejemplo, mediante un conjunto de membranas, etc.) a una superficie no plana del semiproducto de compuesto de fibras, resulta de un modo desventajoso una baja reproducibilidad de este paso del procedimiento, lo que puede representar un problema, especialmente en caso de una producción en serie de componentes de compuestos de fibras.

40 A menudo la lámina tampoco se aplica sin pliegues, lo que da lugar a una sollicitación de presión desigual en el posterior proceso de endurecimiento. Este último problema es especialmente grave si la superficie no plana del semiproducto de compuesto de fibras tiene una forma que no se puede desenrollar. En este caso, los pliegues de la lámina aplicada según procedimientos conocidos son inevitables.

45 Una tarea de la presente invención consiste en mejorar la creación de una estructura de vacío del tipo citado al principio con respecto a la reproducibilidad de la aplicación de la lámina y en permitir una aplicación sin pliegues dentro de lo posible, en especial también en caso de una configuración que no se pueda enrollar de la superficie del semiproducto de compuesto de fibras.

50 Esta tarea se resuelve en el procedimiento según la invención gracias a que la aplicación de la lámina se lleva a cabo por medio de un troquel formado por un material flexible con una superficie de troquel en la que se sujeta la lámina.

El término "troquel" designa un elemento auxiliar que sostiene la lámina (sobre una "superficie de troquel"), que se aproxima a la superficie del semiproducto de compuesto de fibras para la aplicación de la lámina y que, a continuación, se aleja de nuevo (sin la lámina) de esta superficie.

55 La transferencia de la lámina del troquel a la estructura de vacío puede realizarse de forma automatizada, por ejemplo, sujetando y moviendo el troquel, en este caso, por medio de un robot o similar.

El troquel está formado de un material flexible como, por ejemplo, un material plástico, en especial un plástico de espuma, por ejemplo, espuma de poliuretano o, por ejemplo, de un material compuesto de fibras flexible (por

- ejemplo, una estera de fibra relativamente fina en una capa, en comparación considerablemente más gruesa, de un material de matriz permanentemente elástico). Tanto el troquel como tal, o alternativamente al menos una sección que representa su superficie de troquel, se pueden componer de un material mecánicamente flexible de este tipo. Aparte del tratamiento cuidadoso resultante de la lámina, así como del semiproducto de compuesto de fibras (y/o de cualquier conjunto de membranas situado encima del mismo), la flexibilidad del troquel tiene otra ventaja importante en el caso de una superficie no plana del semiproducto de compuesto de fibras generalmente cóncava o convexa y curvada de forma uniaxial o biaxial. En este caso, la flexibilidad del troquel permite concretamente que la superficie de troquel se aproxime localmente a cualquier punto de la superficie cóncava o convexa del semiproducto de compuesto de fibras, fundamentalmente de forma ortogonal a esta superficie, y que se pueda alejar de nuevo de esta superficie. Dependiendo de la geometría de la superficie, esto puede requerir una aproximación no simultánea (y la correspondiente retirada) de las distintas zonas de la superficie de troquel hacia el semiproducto de compuesto de fibras (o lejos del semiproducto de compuesto de fibras). Dicho de forma más simplificada, la flexibilidad del material del troquel permite ventajosamente una "rodadura" del troquel, o al menos de partes del mismo, sobre la superficie en cuestión.
- Una forma de aplicación por lo tanto interesante de la invención prevé procesar un semiproducto de compuesto de fibras, cuya superficie no plana sea en conjunto curvada, pero especialmente que presente cavidades y/o protuberancias locales. Especialmente en este caso, la flexibilidad del troquel ha demostrado ser una gran ventaja en la práctica.
- En una configuración, gracias al uso del material flexible, el troquel se puede someter, por ejemplo, a una variación significativa del diámetro, sin dañarlo de forma irreversible. Por ejemplo, una "forma aproximada" de la superficie de troquel puede presentar una curvatura "cilíndrica" uniaxial en el estado relajado del troquel, pudiéndose modificar esta curvatura considerablemente (si el troquel se utiliza según la invención), sin dañar con ello el troquel irreversiblemente. En tal caso debe producirse un cambio significativo de la curvatura si un diámetro determinado (en el estado relajado del troquel) se puede modificar en al menos un factor de 1,1, o incluso en al menos un factor de 1,5.
- Especialmente, la superficie no plana del semiproducto de compuesto de fibras puede presentar un molde no desenrollable. Especialmente en este caso, el troquel puede configurarse de manera que, debido al uso del material flexible del troquel, éste también pueda curvarse biaxialmente en cierta medida, de modo que la "forma aproximada" de la superficie del troquel pueda deformarse durante el uso del troquel de manera que sea posible aplicar y desmoldear sin problemas el troquel del molde no desenrollable del semiproducto de compuesto de fibras. Por consiguiente, la invención también resulta adecuada para superficies complicadas formadas tridimensionalmente del semiproducto de compuesto de fibras. Esta superficie puede, por ejemplo, ser curvada de manera fundamentalmente esférica, para lo cual resulta conveniente que la superficie de troquel presente una "forma aproximada" curvada esféricamente de forma correspondiente.
- El semiproducto de compuesto de fibras puede estar compuesto de una pieza o de varias piezas, es decir, de varios componentes. La invención resulta particularmente interesante para su aplicación en semiproductos de compuesto de fibras de varias piezas, ya que este diseño en varias piezas da lugar a menudo a una forma más complicada de la superficie a recubrir por medio de la lámina, lo que hace estas superficies extremadamente problemáticas para la aplicación manual conocida antes citada de la lámina.
- En el caso de un semiproducto de compuesto de fibras de varias piezas, la estructura de vacío creada según la invención se utiliza preferiblemente para la creación de una unión íntima y firme entre los distintos componentes durante el endurecimiento posterior (por ejemplo, el endurecimiento térmico). En principio, al crear la estructura de vacío, cada componente del semiproducto de compuesto de fibras puede utilizarse en seco o ya intercalado con el material de matriz (como el así llamado "producto preimpregnado"). Si se prevén uno o varios componentes secos, antes de que comience el proceso de endurecimiento puede producirse en primer lugar una infiltración con material de matriz de acuerdo con métodos en sí conocidos. Los métodos de este tipo son suficientemente conocidos por el estado de la técnica y, por este motivo, no requieren aquí mayor explicación. Sólo se hace referencia a modo de ejemplo al documento DE 101 56 123 B4 ya mencionado al principio en el que se describe una infiltración de este tipo de un componente del semiproducto de compuesto de fibras contenido en la estructura de vacío.
- Según una forma de realización de la invención, se procesa un semiproducto de compuesto de fibras que está compuesto de al menos un componente en forma de cápsula y de al menos un componente de perfil de refuerzo.
- El elemento en forma de cápsula puede preverse especialmente para la formación de un casco de fuselaje de un vehículo, en particular de una aeronave, y puede presentar, por ejemplo, una curvatura uniaxial o biaxial. Especialmente en relación con esta aplicación, los componentes de perfil de refuerzo se pueden prever para la formación de perfiles de refuerzo que se desarrollan longitudinalmente ("puntales longitudinales") o de perfiles de refuerzo que se desarrollan transversalmente (cuadernas). La invención resulta especialmente adecuada para la fabricación de componentes estructurales de CFK en la construcción aeronáutica.
- En una forma de realización especialmente preferida de la invención, la superficie de troquel del troquel utilizado para la transferencia de la lámina se conforma de manera que se adapte a la superficie no plana del semiproducto de compuesto de fibras.

La definición "de manera que se adapte a la superficie del semiproducto de compuesto de fibras" incluye naturalmente en especial el caso de que la superficie de troquel represente un "negativo" más o menos exacto de la superficie del semiproducto de compuesto de fibras. Sin embargo, la superficie de troquel ya debería en general estar adaptada si la superficie de troquel posee una forma que es significativamente similar a la superficie no plana del semiproducto de compuesto de fibras, en contraste con una forma completamente plana. Además, una adaptación como ésta también debería ser posible si la superficie de troquel es en su conjunto cóncava o convexa (es decir, en cuanto a su "forma aproximada") y, por lo tanto, sigue una "forma aproximada" en su conjunto convexa o cóncava de la superficie del semiproducto de compuesto de fibras (independientemente de si la superficie de troquel sigue o no las cavidades y/o protuberancias eventualmente existentes vistas localmente de la superficie del semiproducto de compuesto de fibras).

La definición "superficie del semiproducto de compuesto de fibras" se refiere en un sentido más amplio a la superficie con la que entra en contacto la lámina durante la creación de la estructura de vacío. A este respecto hay que tener en cuenta que, dependiendo de la estructura concreta, la lámina se aplica directa o indirectamente (por ejemplo, mediante la disposición de membranas ante citada, capas de vellón de infiltración, etc.) al semiproducto de compuesto de fibras.

En una forma de realización especialmente preferida de la adaptación de la superficie de troquel a la superficie no plana del semiproducto de compuesto de fibras, la superficie de troquel sigue fundamentalmente tanto la "forma aproximada" (por ejemplo, concavidad o convexidad) de la superficie en cuestión, como también fundamentalmente cualquier cavidad y protuberancia locales eventualmente existentes de esta superficie diferentes de la concavidad o convexidad "ideal".

Se entiende que la calidad y la reproducibilidad de la aplicación de la lámina pueden mejorarse aún más con una superficie de troquel adaptada de este modo. Para lograr esta ventaja, sobre todo la adaptación de la superficie de troquel a una "escala local" es especialmente importante. Por consiguiente, las cavidades y/o protuberancias locales (generalmente: una corrugación) de la superficie del semiproducto de compuesto de fibras pueden manejarse bien al aplicar la lámina mediante la aproximación de la superficie de troquel a esta superficie (y reduciendo, por ejemplo, una formación de pliegues en la lámina). Por el contrario, la adaptación de la superficie de troquel con respecto a la forma aproximada de esta superficie, es decir, por ejemplo, una forma curvada en su conjunto, suele ser menos decisiva, ya que, debido a la flexibilidad del material de troquel, este troquel puede en cierto modo adquirir esta forma aproximada durante la aproximación al semiproducto de compuesto de fibras, por ejemplo, no aproximándose el troquel simultáneamente a todos los puntos, sino aproximándose las diferentes zonas de la superficie de troquel sucesivamente al semiproducto de compuesto de fibras. Con esta finalidad, resulta muy ventajosa, por ejemplo, la configuración del troquel ya mencionada anteriormente, en la que la superficie del troquel presenta, en el estado relajado del troquel, una curvatura determinada que, no obstante, se puede modificar considerablemente en virtud de la flexibilidad del troquel. En caso de uso de un troquel de este tipo, se puede prever especialmente que el troquel se pueda reducir en su diámetro antes y después de la transferencia de la lámina (en caso de una superficie cóncava del semiproducto de compuesto de fibras en cuestión) o que se pueda aumentar (en caso de una superficie convexa del semiproducto de compuesto de fibras), para simplificar la aproximación, especialmente también en caso de una superficie corrugada del semiproducto de compuesto de fibras, y para simplificar también el posterior desmoldeo del troquel, o para hacerlos posible mediante este cambio de curvatura (evitando las colisiones entre el troquel y el semiproducto de compuesto de fibras que podrían dar lugar a daños en el troquel y/o en el semiproducto de compuesto de fibras).

En una forma de realización se prevé, por ejemplo, que para la aplicación de la lámina por medio del troquel, ésta se aproxime en primer lugar a una zona central de la superficie de troquel, y que las zonas de superficie de troquel exteriores se aproximen sucesivamente a la superficie del semiproducto de compuesto de fibras mediante una "rodadura" de estas zonas. Después de llevar a cabo la colocación de la lámina de este modo, el troquel se puede volver a retirar en una inversión cinemática, de manera que en primer lugar se retiren una o varias zonas exteriores del troquel de la superficie, y sólo después sucesivamente las zonas de troquel más centradas.

En una forma de realización perfeccionada de este "procedimiento de rodadura" se prevé que el troquel empleado presente en su estado relajado al menos una sección superficial de troquel (o, por ejemplo, también una superficie de troquel como tal), cuya curvatura se encuentre "entre las curvaturas extremas que se producen en el uso del troquel". A este respecto un ejemplo: si el semiproducto de compuesto de fibras en cuestión presenta, por ejemplo, una superficie cóncava con un diámetro de curvatura de 3,0 m, el diámetro de curvatura del troquel relajado podría ser, por ejemplo, de 2,9 m, realizándose la aproximación del troquel en un "estado enrollado" con un diámetro de curvatura de 2,8 m. El "diámetro relajado" de 2,9 m se sitúa en este caso entre los diámetros extremos de 2,8 m y 3,0 m que se registran durante el uso.

Una adaptación de la superficie de troquel a la superficie no plana del semiproducto de compuesto de fibras ya resulta ventajosa cuando una lámina en sí plana se aplica a la superficie de troquel de forma adaptada y, por lo tanto, no plana, y se fija o sujeta en la misma. En una variante perfeccionada muy ventajosa se prevé que el troquel esté provisto de elementos para la deformación de la lámina retenida en adaptación a la forma de la superficie de troquel, y que esta deformación se lleve a cabo antes o durante el recubrimiento de la superficie no plana del semiproducto de compuesto de fibras. La ventaja especial de esta variante perfeccionada consiste en que la lámina se puede sacar de este modo de su forma plana original (o en todo caso curvada de forma uniaxial en la superficie

de troquel) y llevar a un molde complicado, en especial a un molde no desenrollable, por ejemplo, adaptándola en la medida de lo posible a la conformación de la superficie de troquel.

La deformación de la lámina se puede producir, por ejemplo, mediante un estiraje del material de lámina, durante el cual el material de lámina se solicita en todo caso hasta su límite de alargamiento elástico, por lo que el material de lámina no se deforma irreversiblemente de forma considerable.

Sin embargo, en una forma de realización alternativa, la deformación de la lámina se lleva a cabo por medio de un estiraje que deforma el material de lámina plásticamente. En este caso, el estiraje irreversible de la lámina puede ser al menos por secciones (por ejemplo, en la zona de cavidades y/o protuberancias locales de la superficie del semiproducto de compuesto de fibras) del 10%, en especial al menos del 50%. En función del caso de aplicación concreto, este estiraje irreversible máximo también se puede elegir mucho más grande, por ejemplo, de más del 100%. Hay que tener en cuenta que para la producción de la estructura de vacío aquí en cuestión se puede adquirir en el mercado una pluralidad de láminas de plástico apropiadas (por ejemplo, de nylon o similar), que resisten a un estiraje de hasta un 400% aproximadamente sin romperse.

Una posibilidad de llevar a cabo el estiraje plásticamente deformante mencionado consiste, por ejemplo, en deformar la lámina fijada en principio en estado no deformado en la superficie de troquel (por ejemplo, alrededor del borde de la superficie de troquel) de acuerdo con una corrugación de la superficie de troquel a "escala local", presionando el troquel junto con la lámina aplicada al mismo contra un contratroquel o "yunque" de material sólido de forma adecuada. Una presión del troquel, en principio también imaginable, sobre el semiproducto de compuesto de fibras a procesar, resulta problemática con vistas a una deformación del semiproducto de compuesto de fibras que se pudiera provocar eventualmente.

Una variante de realización preferida de los elementos para la deformación de la lámina prevé que estos elementos comprendan al menos un paso de vacío que desemboca en la superficie de troquel, realizándose la deformación de la lámina por medio de una aplicación de presión negativa al(a los) paso(s) de vacío. Este método no sólo es sencillo y económico, sino que permite una adaptación prácticamente perfecta de la forma de la lámina a la forma de la superficie de troquel. Como consecuencia de la aplicación de presión negativa (vacío), la lámina se ajusta a la superficie del troquel.

La deformación de la lámina se realiza preferiblemente en la superficie de troquel antes de que el troquel se acerque al semiproducto de compuesto de fibras.

En caso de elementos de deformación realizados por medio de paso(s) de vacío, es recomendable aplicar la presión negativa al(a los) paso(s) de vacío antes de la colocación del troquel en el semiproducto de compuesto de fibras y mantenerla durante la presión ejercida con el troquel. Así se evita que el estiraje de la lámina que se produce durante la aplicación de la presión negativa se vuelva a reducir debido a los porcentajes de alargamiento elástico (reversible) antes de colocar la lámina en el semiproducto de compuesto de fibras. Ante este trasfondo, uno o varios manguitos de vacío flexibles conectados, por ejemplo, a una bomba de vacío se pueden conectar al paso o a los pasos de vacío del troquel, a fin de acercar el troquel junto con la lámina mantenida en estado deformado como consecuencia de la aplicación de presión negativa, manteniendo la aplicación de presión negativa al semiproducto de compuesto de fibras de la estructura de vacío. Como ya se ha mencionado antes, esto se puede llevar a cabo de forma manual o al menos parcialmente automatizada, por ejemplo, mediante un robot o similar.

En una variante perfeccionada de esta idea de aproximación del troquel, sometido a presión negativa, al semiproducto de compuesto de fibras se prevé que el conjunto de paso(s) de vacío del troquel esté provisto de una válvula que se pueda cerrar, y que permita el cierre del(de los) paso(s) de vacío sometidos previamente al vacío, de manera que después del cierre de la válvula, el manguito de vacío en cuestión se pueda desacoplar del troquel. En este caso, después de la colocación del troquel sobre el semiproducto de compuesto de fibras posicionado en la herramienta, esta válvula se puede abrir de nuevo para ventilar así el(los) paso(s) de vacío. Sin embargo, esto sólo se hace preferiblemente después de activar la aplicación de presión negativa a la estructura de vacío (que arrastra la lámina hacia el semiproducto de compuesto de fibras).

En el supuesto de que la superficie de troquel estuviera arrugada, es decir, que presentara cavidades o protuberancias locales, las bocas de un conjunto de pasos de vacío se pueden prever especialmente distanciadas de los fondos de las cavidades o de las protuberancias, para arrastrar la lámina sobre todo a las zonas más profundas de la superficie de troquel. El conjunto de pasos de vacío se puede desarrollar, por ejemplo, a través del interior del troquel hacia las zonas laterales o posteriores del troquel (opuestas a la superficie del troquel), a las que se pueden conectar el o los manguitos de vacío antes mencionados.

De acuerdo con otro aspecto, la invención se refiere a un troquel configurado adecuadamente para la realización de un procedimiento del tipo antes descrito. Un troquel como éste está formado por un material flexible y puede presentar, en especial, una superficie de troquel no plana prevista para la sujeción de la lámina, así como elementos para la deformación de la lámina sujeta en la misma, adaptándose a la superficie de troquel no plana. Como ya se ha explicado, los elementos de deformación pueden comprender un conjunto de uno o varios pasos de vacío que, por una parte, desembocan en uno o varios puntos de la superficie de troquel y que, por otra parte, pueden conectarse al borde lateral y/o por la cara trasera del troquel a uno o varios conductos de vacío (por ejemplo, manguitos flexibles impermeables al aire).

Un troquel de este tipo se puede fabricar, por ejemplo, insertando un conjunto de pasos de vacío formado por un conjunto de manguitos en un útil de moldeo y moldeándolo por inyección o espumándolo con material plástico (por ejemplo, plástico de espuma).

5 Con un troquel de este tipo se crea un dispositivo ventajoso para transferir la lámina impermeable al aire a la estructura de vacío o, por ejemplo, a un dispositivo de endurecimiento. La aproximación y retirada de este dispositivo después de la transferencia de la lámina se puede realizar de un modo especialmente ventajoso utilizando las propiedades de flexión elásticas del dispositivo. Si el dispositivo se fabrica de plástico, éste es ligero y, por lo tanto, fácil de manejar. A pesar de su diseño simple, se obtiene una alta eficiencia.

10 El procedimiento según la invención para la creación de una estructura de vacío o el troquel según la invención se pueden utilizar ventajosamente para la fabricación de componentes de compuesto de fibras de todo tipo.

Un uso preferido consiste en la fabricación de cascos de fuselaje reforzados con perfiles de refuerzo para vehículos, especialmente aeronaves. En una variante de realización más especial se trata fundamentalmente de cascos de fuselaje curvados de forma uniaxial y de una pluralidad de cascos de fuselaje dotados de perfiles de refuerzo que se desarrollan longitudinalmente ("puntales longitudinales").

15 Especialmente en el caso de los cascos de fuselaje así reforzados, los perfiles de refuerzo se pueden prever en la cara interior del casco de fuselaje. En una forma de realización especial, los componentes del semiproducto de compuesto de fibras previstos para la formación de estos perfiles de refuerzo ya están completamente endurecidos antes de que se utilicen para la creación de la estructura de vacío, utilizándose por el contrario un producto preimpregnado no endurecido para la formación del casco de fuselaje. En este caso especial, durante el proceso de endurecimiento posterior sólo se endurece el casco de fuselaje, produciéndose al mismo tiempo una unión íntima de los perfiles de refuerzo al casco de fuselaje (el así llamado "Co-Bonding").

20 En general, hay que señalar que el uso concreto de la estructura de vacío creada según la invención varía en función de la aplicación. Así, a diferencia del ejemplo especial antes explicado, también es posible imaginar, por ejemplo, que la estructura de vacío sólo se utilice en el marco de un proceso de infiltración, o sólo en el marco de un proceso de compactación, o sólo en el marco de un proceso de endurecimiento. La presente invención se refiere sobre todo al modo de crear una estructura de vacío adecuada para todas aplicaciones.

30 Resultan especialmente útiles las ventajas que se pueden obtener con la invención en el caso de la fabricación de un componente de compuesto de fibras de superficie relativamente grande, por ejemplo, con una extensión máxima de más de 5 m, especialmente más de 10 m, y/o con una superficie (en el caso de un componente plano como, por ejemplo, un casco de fuselaje en una cara plana) de más de 10 m<sup>2</sup>, en especial de más de 20 m<sup>2</sup>, y/o para la fabricación de un componente de compuesto de fibras, en el que la superficie no plana del semiproducto de compuesto de fibras utilizado o la superficie correspondiente del componente de compuesto de fibras acabado están en su conjunto "fuertemente curvadas" o poseen una forma cóncava o convexa claramente marcada. Esto último significa que, a diferencia de una forma plana en la que hay una única dirección normal de la superficie, las direcciones normales (locales) de la superficie no plana se distribuyen por una zona angular más grande (por ejemplo, por al menos 30°, especialmente por al menos 60°). Dos ejemplos a este respecto: en caso de un casco de fuselaje semicilíndrico curvado de forma uniaxial y uniforme, esta zona angular es de 180°. En caso de un casco de fuselaje que ponga a disposición sólo una cuarta parte del perímetro de un fuselaje fundamentalmente cilíndrico a configurar con la misma, esta zona angular es de 90°.

40 Especialmente en caso de zonas angulares de la distribución normal tan grandes, se pueden evitar, gracias a la flexibilidad del material de troquel, problemas en relación con la aplicación (y la correspondiente retirada) de la superficie de troquel al semiproducto de compuesto de fibras.

La invención se describe a continuación más detalladamente a la vista de un ejemplo de realización con referencia a los dibujos adjuntos. Éstos representan respectivamente en una vista de sección transversal esquemática:

45 Figura 1 una aproximación de un troquel provisto de una lámina deformada en la superficie de un semiproducto de compuesto de fibras posicionado en una herramienta, en una primera fase, en la que sólo una zona de troquel central ya está en contacto con el semiproducto de compuesto de fibras,

50 Figura 2 una representación correspondiente a la figura 1 en una fase posterior, en la que el troquel está en pleno contacto con el semiproducto de compuesto de fibras y la lámina se transfiere a la superficie del semiproducto de compuesto de fibras,

Figura 3 una representación correspondiente en una fase siguiente, en la que sólo se han separado ya las zonas de troquel laterales del semiproducto de compuesto de fibras, y

Figura 4 una representación correspondiente una vez retirado por completo el troquel del semiproducto de compuesto de fibras,

55 Figura 5 la aplicación de la lámina (aún no deformada) a la superficie de troquel del troquel que precede a los pasos del procedimiento según las figuras 1 a 4, y

Figura 6 la deformación de la lámina que se lleva a cabo después de la aplicación de la lámina a la superficie de troquel según la figura 5 en adaptación a la superficie de troquel.

Las figuras 1 a 4 ilustran un procedimiento para la creación de una estructura de vacío para procesar un semiproducto de compuesto de fibras 10 en un componente de compuesto de fibras endurecido.

5 En el ejemplo de realización representado, el semiproducto de compuesto de fibras 10 se compone de varias piezas, concretamente de un componente en forma de cápsula 12 curvado, por ejemplo, de forma uniaxial, y de una pluralidad de componentes de perfil de refuerzo 14 que se desarrollan longitudinalmente.

Para ello, el componente 12 en forma de cápsula, que posee una forma aproximadamente semicilíndrica, se ha colocado en primer lugar sobre la superficie de moldeo de una herramienta 16 y a continuación se ha completado con los componentes de perfil de refuerzo 14.

10 En el ejemplo de realización representado, el componente en forma de cápsula 12 se prevé como un así llamado producto preimpregnado, es decir, un material de fibra preimpregnado con material de matriz, mientras que los componentes de perfil de refuerzo 14 se utilizan en la creación de la estructura de vacío como materiales de fibra "secos". Para mejorar la adherencia de los componentes 14 en la cara interior del componente 12 y/o para mejorar la calidad de la unión posterior de estos componentes 12, 14, se pueden aplicar, por ejemplo, una así llamada capa ligante o una capa de material de matriz en cierto modo como "adhesivo" entre respectivamente un componente 14 y  
15 el componente 12 (no representado).

Los materiales de fibra para la formación de los componentes 12, 14 pueden configurarse, por ejemplo, como cañamazo o tejido de una o varias capas de fibras o de haces de fibras ("Roving").

20 Después de que, en un primer paso del procedimiento, el semiproducto de compuesto de fibras 10 se ha posicionado en la superficie de moldeo de la herramienta 16, en el ejemplo de realización representado resulta una superficie no plana del semiproducto de compuesto de fibras 10 opuesta a la superficie de moldeo. Esto sucede, por una parte, porque el componente en forma de cápsula 12 ya no es plano y, por otra parte, también porque la cara interior, por lo demás lisa, del componente en forma de cápsula 12 se corruga gracias a la disposición de la pluralidad de componentes de perfil de refuerzo 14. La cara superior del semiproducto de compuesto de fibras 10 en las figuras representa una superficie con numerosas cavidades y protuberancias locales.

25 El siguiente paso de procedimiento para la creación de la estructura de vacío consiste en cubrir esta superficie no plana del semiproducto de compuesto de fibras 10 mediante la aplicación de una lámina impermeable al aire 18.

Especialmente este segundo paso del procedimiento se representa en las figuras 1 a 4, mostrando estas figuras respectivamente diferentes fases de esta aplicación de la lámina.

30 La lámina 18 se aplica por medio de un troquel 20 formado de un material flexible (aquí: plástico de espuma de poliuretano), que presenta una superficie de troquel 22 a la que se ha aplicado anteriormente la lámina 18. La lámina 18 se puede sujetar, por ejemplo, en la superficie de troquel 22 mediante una fijación perimetral, por ejemplo, una adhesión separable. Más adelante se describe la forma especial, prevista en el ejemplo de realización representado, de sujetar la lámina 18 en el troquel 20.

35 La figura 1 muestra una primera fase en la que la superficie de troquel 22 del troquel 20 dotado de la lámina 18 ya ha entrado en contacto con el semiproducto de compuesto de fibras 10 en una zona central, mientras que las dos zonas de superficie de troquel lateralmente exteriores todavía entran en contacto sucesivamente (compárense las flechas de la figura 1). Con otras palabras, las zonas de troquel laterales aún están al principio algo "plegadas" o "enrolladas", lo que es posible sin problemas gracias a la flexibilidad del material del troquel.

40 La figura 2 muestra una segunda fase, en la que después de un "desenrollado" de las dos zonas de troquel lateralmente exteriores, éstas también han entrado en contacto con el semiproducto de compuesto de fibras 10. En el ejemplo representado, la configuración del troquel flexible 20 mostrado en la figura 2 corresponde a su estado original (mientras que el estado representado en la figura 1 corresponde a una deformación elástica del troquel 20).

45 Según la figura 2, la lámina 18 está ahora ajustada de forma plana a la superficie del semiproducto de compuesto de fibras 10 y forma, junto con una junta perimetral 24, con el semiproducto de compuesto de fibras 10 y con la herramienta 16, la estructura de vacío en sí ya acabada.

50 Mediante una aplicación de presión negativa (no representada en las figuras) al espacio rodeado por la lámina 18 y la superficie de moldeo de la herramienta 16, el semiproducto de compuesto de fibras 10 contenido en el mismo se puede compactar durante su procesamiento posterior y los distintos componentes 12, 14 se pueden presionar de forma íntima uno contra otro. La aplicación de presión negativa se puede llevar a cabo, por ejemplo, mediante un manguito de vacío que conduce, a través de un orificio de la lámina 18 impermeabilizado con respecto al manguito, al espacio encerrado por la misma. Alternativa o adicionalmente, los pasos de vacío correspondientes podrían desarrollarse a través de la herramienta 16 y desembocar en este espacio cerrado.

55 Sin embargo, previamente el troquel 20 se retira de la manera descrita a continuación con respecto a las figuras 3 y 4. La sujeción de la lámina 18 en la estructura de vacío o en el semiproducto de compuesto de fibras 10 (y no en el troquel 20) se puede asegurar fácilmente activando la aplicación de presión negativa a la estructura de vacío ya en la situación según la figura 2, de manera que la lámina 18 quede sujeta en el semiproducto de compuesto de fibras, como consecuencia de la presión negativa, o sea sometida a presión por la mayor presión atmosférica reinante en la cara exterior de la lámina 18.

La figura 3 muestra una tercera fase, en la que las dos zonas lateralmente exteriores del troquel 20 se han separado de la estructura de vacío creada en la herramienta 16 por un "desplazamiento de enrollado" correspondiente (compárense las flechas en la figura 2), comenzando a continuación un desplazamiento vertical del troquel 20 hacia arriba (compárese la flecha en la figura 3) para levantar también de nuevo de la estructura de vacío la zona central del troquel.

Finalmente, la figura 4 muestra una cuarta fase en la que el troquel 20 se retira completamente de la herramienta 16 con la estructura de vacío creada en la misma.

Todos los desplazamientos del troquel 20 o los movimientos de curvatura de las distintas zonas de troquel descritos con respecto a las figuras 1 a 4 se pueden realizar manualmente o al menos parcialmente de forma automática. Para una aplicación automatizada de la lámina 18 por medio del troquel 20, el troquel 20 puede conectarse, por ejemplo, con su cara trasera (en las figuras 1 a 4) a los elementos de manejo adecuados de un robot.

El uso del troquel 20 de la manera antes descrita permite ventajosamente una aplicación prácticamente libre de pliegues de la lámina 18 y un alto grado de reproducibilidad en el caso de una producción en serie de componentes de compuesto de fibras.

Otra ventaja de la invención o del troquel 20 consiste en que la configuración flexible del troquel también significa por regla general un peso relativamente bajo para el troquel (por ejemplo, en caso de un troquel fabricado, al menos parcialmente, de plástico de espuma). El troquel tiene un peso básico inferior a 100 kg/m<sup>2</sup>, especialmente inferior a 60 kg/m<sup>2</sup>.

En el ejemplo de realización representado, la impermeabilización de la lámina 18 con respecto a la superficie de moldeo de la herramienta 16 se lleva a cabo por medio de la junta 24 previamente fijada en la lámina 18 (por ejemplo, perfil de caucho o cinta adhesiva de doble cara). Por el contrario, una junta de este tipo ya podría disponerse también sin problemas en la superficie de moldeo de la herramienta 16 al principio de la transferencia de la lámina ilustrada en las figuras 1 a 4. Sin embargo, bajo ciertas circunstancias, también se puede prescindir de una junta como ésta, por ejemplo, si el borde perimetral de la lámina 18 ya proporciona un efecto de impermeabilización suficiente como consecuencia de la aplicación de presión negativa.

En el ejemplo de realización descrito, una vez creada la estructura de vacío y una vez retirado o "desmoldeado" el troquel 20 (figura 4), se procede a un endurecimiento térmico del semiproducto de compuesto de fibras 10, ya sea con la estructura de vacío que se encuentra en la atmósfera ambiente o después de introducir la estructura de vacío en un autoclave. En el ejemplo representado, el producto preimpregnado 12 en forma de cápsula se endurece y forma una unión íntima con los componentes de perfil de refuerzo 14 (ya endurecidos). El contacto íntimo de la lámina 18 con el semiproducto de compuesto de fibras 10 provoca una aplicación de presión muy uniforme y reproducible, lo que a su vez da lugar a una alta calidad constante del componente de compuesto de fibras formado.

En el ejemplo representado, el procesamiento da lugar a la creación de un componente de fuselaje de avión con puntales longitudinales integrados.

Se entiende que, en el marco de la invención, la estructura concreta del semiproducto de compuesto de fibras utilizado desempeña un papel secundario. Las ventajas logradas con la invención también se aplican a los semiproductos de compuesto de fibras con una estructura o composición diferentes.

A continuación se explican algunas características especiales ventajosas previstas en el ejemplo de realización descrito.

Una característica especial consiste, por ejemplo, en que la superficie de troquel 22 se conforma de manera que se adapte a la superficie no plana del semiproducto de compuesto de fibras 10. Por consiguiente, al presionar el troquel 20, la lámina 18 se presiona de forma especialmente uniforme contra la superficie del semiproducto de compuesto de fibras.

Otra característica especial consiste en que la lámina 18 sujeta en la superficie de troquel 22 ya está deformada en adaptación a la forma de la superficie de troquel 22 (y, por lo tanto, en adaptación a la forma de la superficie no plana del semiproducto de compuesto de fibras 10) antes de que el troquel 20 entre en contacto con la superficie del semiproducto de compuesto de fibras 10. En el ejemplo de realización representado, esta deformación de la lámina 18 se ha realizado mediante un estiraje que deforma plásticamente el material de lámina, siendo un estiraje irreversible de la lámina en las zonas más profundas de la superficie de troquel 22 de aproximadamente el 100%.

Sin embargo, a diferencia de esto, el estiraje de la lámina también podría llevarse a cabo sólo hasta un límite elástico en el que no quedara ningún estiraje irreversible en el material de lámina o, en todo caso, un estiraje mínimo.

Aunque la deformación de la lámina 18 puede realizarse de diferentes maneras incluso antes de su aplicación al semiproducto de compuesto de fibras 10, otra característica especial del ejemplo de realización representado consiste en que la deformación de la lámina se lleva a cabo con la ayuda del troquel 20, lo que se explica a continuación más detalladamente por medio de las figuras 5 y 6.

La figura 5 muestra un soporte 30 sobre el que se colocan sucesivamente el troquel 20 y la lámina 18, como se representa en la figura. En este caso, la superficie de apoyo del soporte 30 posee una forma convexa de manera

que el troquel 20 colocado encima con su cara trasera adquiriera aproximadamente la forma (no deformada) en la que el troquel 20 entra en contacto posteriormente con el semiproducto de compuesto de fibras 10 (compárese figura 4).

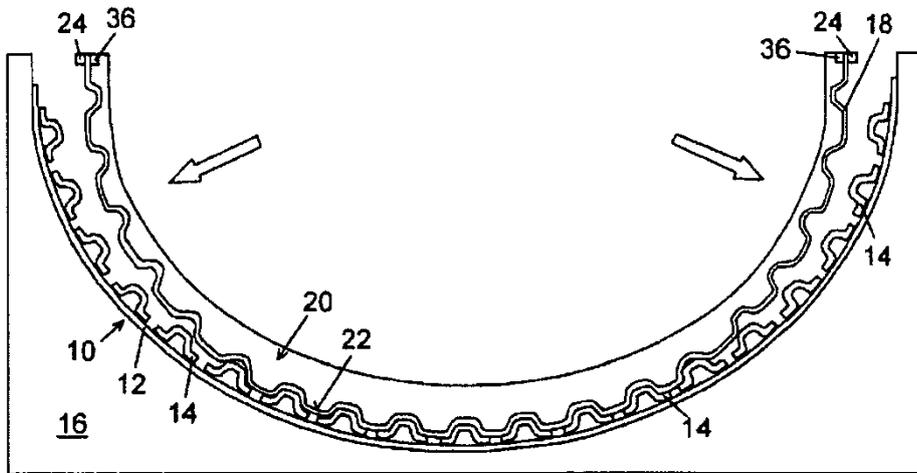
5 En el interior del troquel 20 se encuentra un conjunto 32 de pasos de vacío que se pueden someter a presión negativa. Como se representa, este conjunto de canales 32 posee bocas en las zonas de las cavidades de la superficie de troquel 22. Para cargar la lámina 18 colocada en la superficie de troquel 22 hacia la superficie de troquel 22 y, por consiguiente, para deformarla plásticamente en adaptación a esta superficie de troquel 22, los pasos de vacío se conectan a una bomba de vacío a través de un manguito de vacío flexible 34 y se evacúan de este modo.

10 La aplicación de presión negativa a través del manguito de vacío 34 provoca la mencionada deformación de la lámina 18. En la figura 6 se representa este estado, en el que la lámina 18 se estrecha contra la superficie de troquel 22. A fin de evitar de forma fiable un deslizamiento de la lámina 18 o especialmente de sus zonas marginales, se recomienda una fijación de la lámina 18 al menos por su borde. En el ejemplo representado, esto se lleva a cabo por medio de una adhesión separable 36. En la figura 6 también se puede ver la fijación de la junta 24.

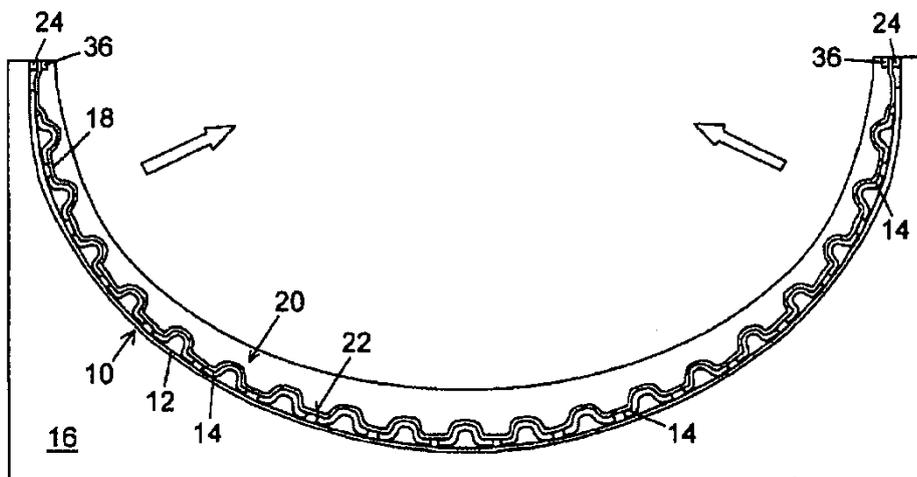
15 Partiendo del estado según la figura 6, el troquel 20, junto con la lámina 18 sujeta en el mismo y deformada (de forma irreversible o reversible) se utiliza para los pasos del procedimiento ya explicados anteriormente según las figuras 1 a 4. En este caso, la aplicación de presión negativa al troquel 20 se mantiene convenientemente hasta que el troquel 20 se aplique por completo al semiproducto de compuesto de fibras 10 y se active la aplicación de presión negativa a la estructura de vacío para mantener la lámina en el semiproducto de compuesto de fibras 10.

**REIVINDICACIONES**

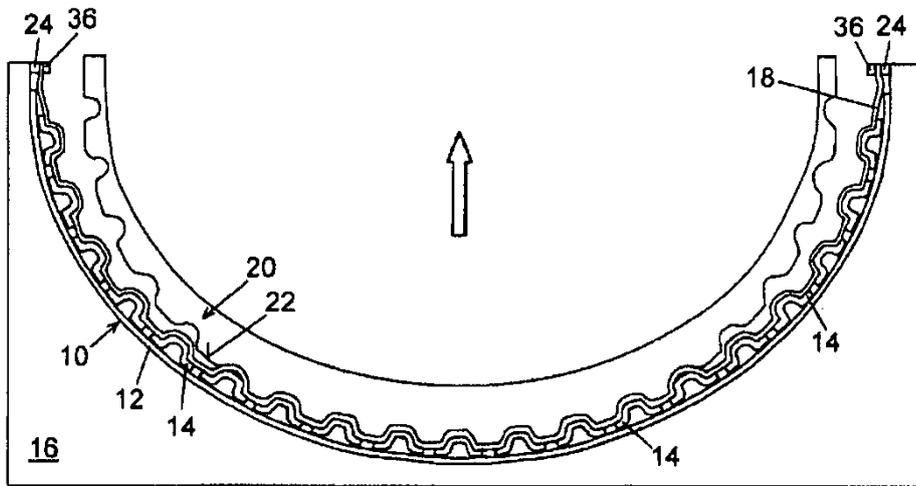
1. Procedimiento para la creación de una estructura de vacío para el procesamiento de un semiproducto de compuesto de fibras (10), que presenta una superficie no plana, en un componente de compuesto de fibras endurecido, que comprende los pasos:
- 5 - posicionamiento del semiproducto de compuesto de fibras (10) en una superficie de moldeo de una herramienta (16), de manera que la superficie no plana del semiproducto de compuesto de fibras (10) sea opuesta a la superficie de moldeo,
- 10 - recubrimiento de la superficie no plana del semiproducto de compuesto de fibras (10) mediante la aplicación de una lámina impermeable al aire (18), e impermeabilización de la lámina (18) con respecto a la superficie de moldeo de la herramienta (16), llevándose a cabo la aplicación de la lámina (18) por medio de un troquel (20) formado de un material flexible con una superficie de troquel (22), en la que se sujeta la lámina (18),
- 15 caracterizado por que el troquel se compone de un material mecánicamente flexible que configura al menos la superficie de troquel (22) con un peso específico de superficie inferior a 100 kg/m<sup>2</sup>, especialmente inferior a 60 kg/m<sup>2</sup>, y siendo posible modificar un diámetro de superficie de troquel en al menos un factor de 1,1, especialmente en al menos un factor de 1,5 por medio de una variación de la curvatura.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, procesándose un semiproducto de compuesto de fibras (10), cuya superficie no plana es en su conjunto curvada, y presentando especialmente cavidades y/o protuberancias locales.
- 20
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, procesándose un semiproducto de compuesto de fibras (10) que está compuesto de al menos un componente en forma de cápsula (12) y de al menos un componente de perfil de refuerzo (14).
- 25
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, conformándose la superficie de troquel (22) de manera que se adapte a la superficie no plana del semiproducto de compuesto de fibras (10).
5. Procedimiento según la reivindicación 4, dotándose el troquel (20) de elementos (32, 34) para la deformación de la lámina (18) sujeta en el mismo, adaptándose a la forma de la superficie de troquel (22) y llevándose a cabo esta
- 30 deformación antes o durante el recubrimiento de la superficie no plana del semiproducto de compuesto de fibras (10).
6. Procedimiento según la reivindicación 5, realizándose la deformación de la lámina (18) mediante un estiraje que deforma plásticamente el material de lámina.
- 35
7. Procedimiento según la reivindicación 6, siendo un estiraje irreversible de la lámina (18), al menos por secciones, de al menos el 10%, especialmente de al menos el 50%.
- 40
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 7, comprendiendo los elementos para la deformación de la lámina (18) al menos un paso de vacío (32) que desemboca en la superficie de troquel (22) y llevándose a cabo la deformación de la lámina (18) mediante una aplicación de presión negativa al paso de vacío (32).



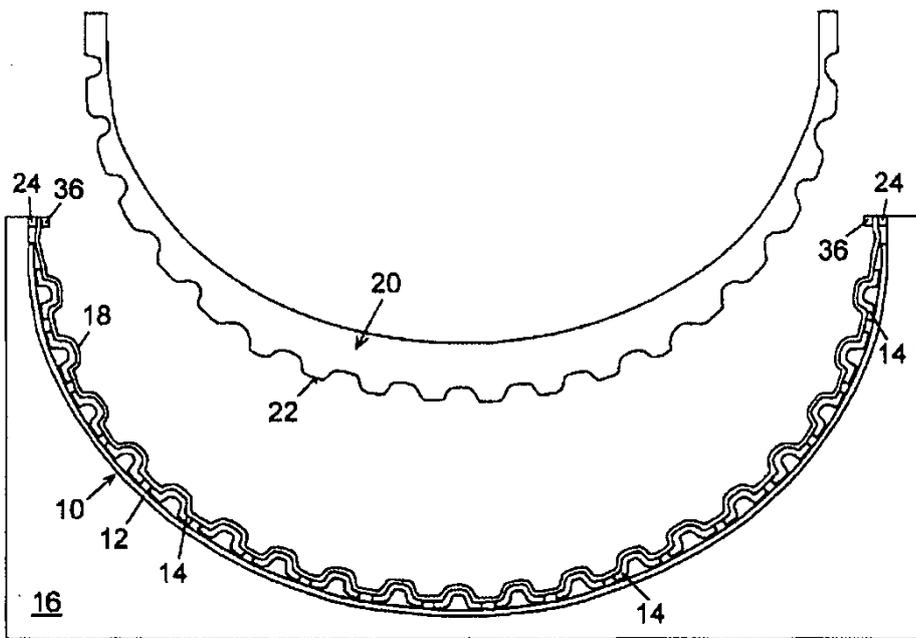
**Fig. 1**



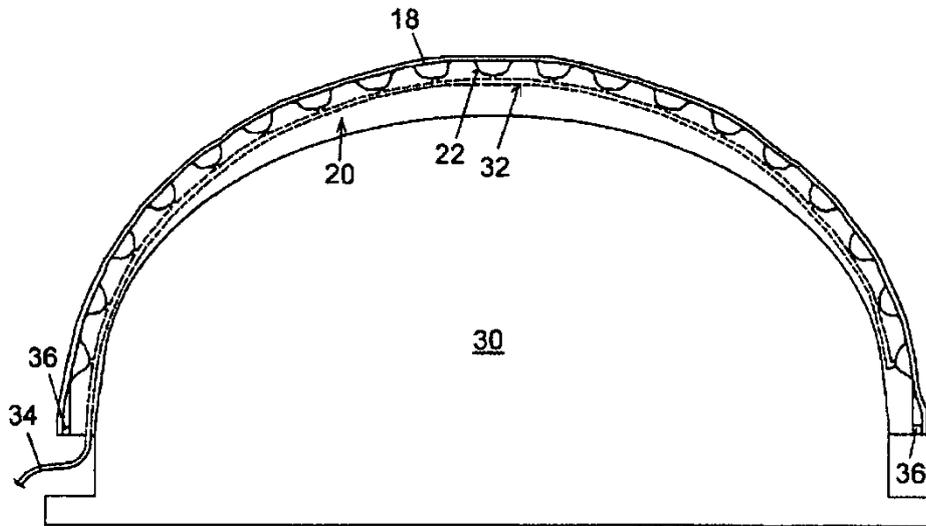
**Fig. 2**



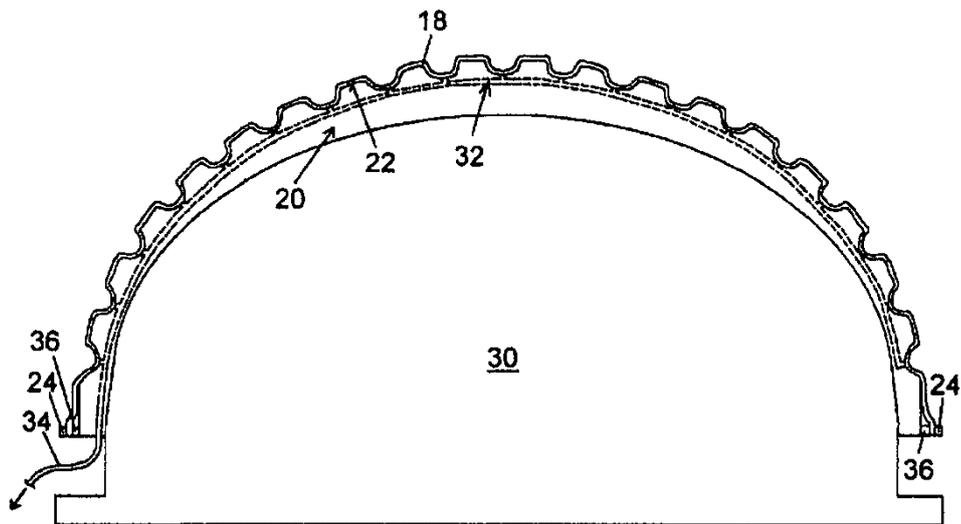
**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**