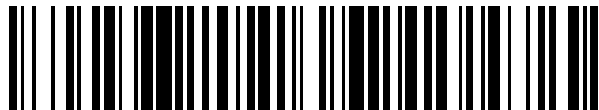


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 629 733**

51 Int. Cl.:

B29C 33/30 (2006.01)

B29C 70/54 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.10.2014 PCT/GB2014/052961**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.04.2015 WO15049509**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.10.2014 E 14781632 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.05.2017 EP 3052287**

54 Título: **Utillaje flexible**

30 Prioridad:

02.10.2013 GB 201317457
02.10.2013 EP 13275241

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.08.2017

73 Titular/es:

BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB

72 Inventor/es:

BAKER, DAVID y
REZAI, AMIR

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 629 733 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

Utillaje flexible

5 Esta invención se refiere a un utillaje de moldeo flexible, o de geometría variable, utilizado a menudo para la fabricación de materiales compuestos, y en particular a una lámina que define una superficie de herramienta flexible.

El mayor gasto de capital en la fabricación de materiales compuestos es a menudo en el diseño, la fabricación y el almacenamiento del utillaje de moldeo.

10 Normalmente, la superficie de herramienta es metálica o de un material compuesto y se fabrica para obtener una tolerancia elevada con un acabado de superficie suave y con un recubrimiento de superficie para obtener mejores propiedades de desmoldeo de modo que el componente moldeado pueda retirarse de la superficie de herramienta. La superficie está soportada por una subestructura, habitualmente metal o madera, que debe llevar la masa de la
15 pieza de trabajo, la superficie de herramienta y permitir el acceso del personal.

La siguiente invención detalla procedimientos para facilitar el funcionamiento de una herramienta de moldeo de geometría variable. Una herramienta de geometría variable permite fabricar múltiples componentes con diferentes formas utilizando una sola pieza de equipo de utillaje. Esto reduce significativamente el coste de fabricación de
20 componentes de material compuesto y reduce sus costes durante el servicio reduciendo los requisitos de almacenamiento de herramienta.

Una ventaja adicional es que pueden realizarse modificaciones en la geometría del componente con unos costes mínimos; esto resulta particularmente ventajoso cuando los diseños pueden perfeccionarse durante el servicio operativo o después de ensayos preliminares.
25

Los sistemas conocidos se basan en una lámina de utillaje soportada sobre una serie de pasadores paralelos o "pasadores elásticos" (*pogoes*) dispuestos en una disposición y con un desplazamiento controlable en un solo eje (a lo largo) y generalmente perpendiculares al plano de la lámina de utillaje. Por ejemplo, Bernardon (documento US5151277) presenta una disposición reconfigurable de pasadores elásticos muy pegados entre sí, de modo que el ajuste relativo de la altura del pasador elástico permite variar la forma de superficie creada por las puntas de la disposición de pasadores elásticos. La superficie de la herramienta de moldeo, de un material de vesícula flexible, se coloca sobre la superficie de los pasadores elásticos. Esto proporciona tanto un sellado eficaz para el material de moldeo líquido como una superficie interpolada para minimizar las desviaciones no deseadas en la geometría de superficie entre los pasadores elásticos.
30
35

El documento EP 2487024 da a conocer un aparato para formar un componente de material compuesto. El documento WO 02/094565 da a conocer un procedimiento para producir un material laminado conformado. El documento EP 0505738 da a conocer una estructura de moldeo de múltiples capas para un moldeo de superficie en caliente en un tiempo de ciclo corto. El documento WO 96/14196 da a conocer un aparato y un procedimiento de moldeo de múltiples capas.
40

Sin embargo, existe un conflicto en la selección de una lámina de utillaje flexible apropiada. La lámina debe ser lo suficientemente rígida de modo que el número de pasadores elásticos accionados en la disposición pueda mantenerse en un mínimo. Aquí, el aumento de la rigidez a la flexión de la lámina de cara aumenta el espacio potencial entre pasadores elásticos para una tolerancia dada en la desviación lateral. Sin embargo, para reducir la carga sobre la disposición de pasadores elásticos accionados, la lámina de utillaje también debería ser lo más flexible posible, minimizando la energía elástica almacenada de deformación y las fuerzas de reacción aplicadas a cada pasador elástico.
45
50

Hasta el momento no se han satisfecho con éxito estos requisitos contradictorios para una lámina de utillaje.

Según un primer aspecto de la invención se proporciona una herramienta de fabricación flexible, que incluye una lámina de material de múltiples capas, generalmente plana, que define una superficie de herramienta sobre la misma, medios para deformar la lámina de manera controlable aplicando fuerzas de deformación fuera del plano a la lámina en ubicaciones predeterminadas por la lámina y medios para aumentar y disminuir selectivamente las fuerzas de cizallamiento entre capas, con lo que se varía la rigidez a la flexión de la lámina.
55

Por tanto, según la invención, la rigidez a la flexión puede controlarse activamente, cambiando de un panel rígido durante las operaciones de moldeo a un estado de baja rigidez temporal para la transferencia a una configuración nueva. Al reducir la rigidez al cizallamiento entre capas, se reduce la rigidez a la flexión del panel en conjunto, puesto que cada capa o estrato se dobla sobre su propio eje neutro.
60

Una ventaja de la invención es la posibilidad de realizar cambios mínimos en la forma de herramienta para adaptarse a la "recuperación elástica" debida a las tensiones residuales en el componente que está moldeándose. Una ventaja adicional de la invención es la facilidad con la que puede retirarse el componente de la herramienta de
65

moldeo. Esto se debe a que, tras el curado, la forma de herramienta puede relajarse volviendo o bien a un estado no deformado o bien a un estado de deformación menos extrema para desprender la superficie de herramienta del componente moldeado.

- 5 Las fuerzas de cizallamiento entre capas pueden ser simplemente fuerzas de fricción generadas entre capas adyacentes de la lámina, donde la fuerza de fricción variará con la reacción normal entre las capas.

Las capas de la lámina de utillaje pueden ser metálicas, tal como de aluminio o una aleación del mismo. Alternativamente, las capas pueden ser de otro material adecuado tal como plástico reforzado con fibra de carbono o plástico reforzado con fibra de vidrio.

- 10

Los medios para aumentar y disminuir selectivamente las fuerzas de fricción entre capas pueden comprender medios de vacío adaptados para aplicar selectivamente un vacío entre las capas y por tanto, hacer que la presión atmosférica las comprima entre sí.

- 15

El coeficiente de fricción y/o las características mecánicas de interbloqueo entre estratos adyacentes proporcionan la resistencia al cizallamiento entre capas necesaria para aumentar la rigidez a la flexión global de la lámina de utillaje.

- 20 Los medios de vacío pueden comprender medios de bolsa de vacío adaptados para entrar en contacto hermético con una periferia de la lámina de material, con lo que se aplica el vacío entre las capas.

Alternativamente, los medios para aumentar y disminuir selectivamente las fuerzas de cizallamiento entre capas pueden comprender capas de material que puede ablandarse intercaladas entre las capas de la lámina y medios para endurecer y ablandar las capas de material que puede ablandarse, respectivamente.

- 25

El material que puede ablandarse puede comprender un material fusible, con lo que el material que puede ablandarse puede ablandarse al menos hasta el punto de fusión del material.

- 30

El material que puede ablandarse puede comprender un polímero tal como un material termoplástico, por ejemplo poliestireno, y los medios para ablandar el material que puede ablandarse pueden comprender medios de calentamiento. El ablandamiento del material que puede ablandarse permite que tenga lugar una deformación a través de un mecanismo de deformación viscoelástica. Tales medios de calentamiento pueden comprender medios de calentamiento por contacto o medios de calentamiento por gas caliente. Los medios de calentamiento por contacto pueden comprender uno o varios elementos de calentamiento, tales como elementos de calentamiento eléctricos, unidos a la lámina o de hecho, integrados en una o varias de las capas intermedias de polímero. Los medios de calentamiento por gas caliente pueden comprender uno o varios sopladores dirigidos hacia la superficie superior y/o inferior de la lámina de utillaje. Los sopladores dirigidos hacia la superficie inferior de la lámina de utillaje pueden estar permanentemente montados, mientras que los sopladores dirigidos hacia la superficie de moldeo de la herramienta pueden retirarse cuando no son necesarios.

- 35

- 40

El uso de capas intermedias termoplásticas, cuando se calientan hasta una temperatura de ablandamiento, permite la flexión gradual de la lámina. Este efecto se basa en el comportamiento de deformación viscoelástica de un polímero termoplástico con un mecanismo descrito como cadenas de polímeros deslizantes en la capa intermedia.

- 45 El uso de capas intermedias termoplásticas, cuando se calientan hasta o más allá de su temperatura de fusión, permite una flexión en bruto y rápida de la lámina. Este sistema transforma las capas intermedias a un estado líquido proporcionando la reducción más significativa de las propiedades de cizallamiento entre capas.

- 50 También pueden proporcionarse medios de enfriamiento para enfriar el material que puede ablandarse, para disminuir el tiempo de ciclo de calentamiento y enfriamiento de la lámina y por tanto, para permitir una tasa de producción aumentada para productos de geometría diferente moldeados en la herramienta. Tales medios de enfriamiento pueden formar parte de unos medios de calentamiento por gas, como se describió anteriormente, con elementos de enfriamiento para enfriar el gas en lugar de calentarlo. Alternativamente, los medios de enfriamiento pueden comprender medios de enfriamiento por contacto, tales como una red de tubos refrigerados, que pueden unirse al lado inferior de la lámina de utillaje.

- 55

Un aspecto adicional en el diseño de un utillaje de geometría variable es la interfaz entre los pasadores elásticos y la lámina de utillaje. Las soluciones anteriores han incluido accesorios de ventosa entre la lámina y los pasadores elásticos, o una interfaz fijada o unida. Sin embargo, cuando se realizan formas que requieren una gran diferenciación entre las respectivas alturas de dos pasadores elásticos adyacentes, se inicia en la lámina de utillaje un modo de deformación plana adicional, es decir, un estiramiento o compresión. Por ejemplo, considerando una lámina construida a partir de un material compuesto de polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP), los límites de deformación en el plano típicos para este material son del orden del 0,3%. Suponiendo una unión rígida de la lámina a los pasadores elásticos, con una separación L , la diferencia de altura máxima entre pasadores elásticos adyacentes será del orden de $0,078L$, lo que supone que la presencia de carga compresiva llevará a que se abolle la lámina.

- 60

- 65

- Para minimizar el estiramiento plano de la lámina, es posible separar la lámina de los pasadores elásticos antes de disponer la disposición de pasadores elásticos en la configuración deseada. Entonces puede unirse la lámina, por ejemplo utilizando dispositivos de sujeción de vacío, de modo que en la lámina se induce una deformación plana mínima. Un problema práctico asociado con esta solución es la manipulación de láminas grandes, que para estructuras de energía renovable y marinas grandes pueden oscilar entre 2 y 10 m en cada eje del plano. Considerado una lámina de CFRP de 5 m x 5 m x 6 mm, con una masa estimada de 300 kg, sería difícil manipularla de modo que no se produjera una fractura por su propia masa y/o un daño por impactos.
- Otro problema con los dispositivos de sujeción de vacío conocidos es que la conformación precisa de la lámina de utillaje para obtener cualquier forma de moldeo deseada requiere que los dispositivos de sujeción estén "activos" y que se aplique el vacío mientras la lámina está doblándose para obtener su forma. Para configuraciones de lámina de mayor curvatura, aquí es precisamente cuando tienen que desprenderse los dispositivos de sujeción para permitir un movimiento en el plano de la lámina en relación con las partes superiores de los pasadores elásticos.
- Se propone un sistema novedoso para la unión de pasadores elásticos al lado inferior de una lámina de utillaje flexible. El sistema de sujeción debe mantener una precisión de posición de la lámina en un solo eje, por ejemplo el eje vertical o eje z, permitiendo al mismo tiempo su desplazamiento y estiramiento en los ejes en el plano, por ejemplo los ejes horizontales o ejes x e y.
- Según un segundo aspecto de la invención se proporciona un accesorio de vacío rodante para unir un elemento en el cual el accesorio de vacío se monta en una lámina de material, comprendiendo el accesorio una esfera perforada hueca que puede girar en una copa, pudiendo acoplarse la esfera de manera giratoria con una superficie adaptable definida en la lámina de material con lo que se une la esfera a la superficie adaptable, en el que la copa puede conectarse a una fuente de vacío con lo que se aplica un vacío entre la superficie perforada de la esfera no contenida dentro de la copa y la superficie adaptable de la lámina de utillaje y en el que la esfera puede girar por la superficie adaptable mientras se aplica vacío a la misma.
- Los medios para deformar la lámina de manera controlable aplicando fuerzas de deformación fuera del plano a la lámina en ubicaciones predeterminadas por la lámina pueden comprender una serie de soportes ajustables para la lámina, espaciados por la lámina, donde cada soporte puede unirse a la lámina con dicho accesorio de vacío rodante.
- La superficie puede definirse en la lámina de utillaje con lo que se une la esfera a la lámina de utillaje.
- La copa puede unirse a un elemento en forma de soporte ajustable para la lámina de utillaje que puede conectarse a la fuente de vacío con lo que se aplica un vacío entre la superficie adaptable de la lámina de utillaje y el elemento o soporte ajustable.
- La esfera perforada hueca es preferiblemente rígida. Una junta de tipo junta tórica elastomérica puede estar ubicada alrededor de una periferia de la copa, de modo que el aire desplazado por el suministro de vacío se desplaza a través de las perforaciones de superficie de la esfera no rodeadas por la copa a través del núcleo hueco de la esfera y a continuación hacia el suministro de vacío.
- En las zonas de la interfaz prevista con los pasadores elásticos, el lado inferior de la lámina de utillaje puede cubrirse con una capa de material elastomérico tal como espuma polimérica de densidad media.
- Tras colocar la lámina de utillaje sobre la disposición de pasadores elásticos, el material elastomérico en la zona de cada esfera de contacto puede comprimirse por el peso de la lámina de utillaje y además, en caso necesario, por una fuerza adicional. Esta compresión lleva preferiblemente a la cobertura de sustancialmente todas las perforaciones en la superficie expuesta de la esfera. Cuando se aplica vacío al accesorio de vacío rodante, la lámina de utillaje se atrae adicionalmente hacia el pasador elástico a través de la presión atmosférica que actúa sobre la copa y la lámina.
- Si se aplica una carga en el plano a la lámina de utillaje, por ejemplo a través del desplazamiento relativo de los pasadores elásticos adyacentes, el giro de la esfera permitirá una traslación en el plano de la lámina transversal al eje sobre el pasador elástico, provocando el giro de la esfera un rodamiento de la esfera a lo largo del lado inferior de la lámina. Es preferible una gran cantidad de perforaciones por toda la superficie de la esfera. Esto, combinado con el comportamiento de deformación del material elastomérico, mantendrá una atracción de vacío sustancialmente constante entre el pasador elástico y la lámina de utillaje esté la esfera rodando o estacionaria.
- Según un tercer aspecto de la invención se proporciona un procedimiento para configurar una lámina de utillaje para una herramienta de moldeo flexible, comprendiendo la lámina de utillaje una lámina de múltiples capas, generalmente plana, de material que define una superficie de herramienta sobre la misma y capas adyacentes de la lámina que definen una interfaz de cizallamiento variable entre las mismas, incluyendo el procedimiento las etapas de reducir las fuerzas de cizallamiento entre capas, ajustar la forma de la lámina de utillaje a una configuración de

moldeo deseada y posteriormente aumentar las fuerzas de cizallamiento entre capas con lo que se aumenta la rigidez a la flexión global de la lámina de utillaje para que tenga lugar el moldeo.

5 Según un cuarto aspecto de la invención se proporciona una herramienta de fabricación que tiene un cuerpo, teniendo el cuerpo una capa de polímero de baja energía de superficie unida al mismo, definiendo dicha capa una superficie de herramienta de la herramienta de fabricación.

A continuación se describirá la invención a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

10 las figuras 1a, 1b y 1c son vistas laterales esquemáticas de una pila de estratos, rectos y en diferentes estados de doblado;

15 las figuras 2a y 2b son vistas laterales esquemáticas de una pila de estratos, según la invención, sin y con vacío aplicado, respectivamente;

las figuras 3a y 3b son vistas laterales esquemáticas de una pila de estratos, según la invención, en estados no comprimido y comprimido, respectivamente;

20 las figuras 4a y 4b son vistas laterales esquemáticas de una pila alternativa de estratos, según la invención, en estados no comprimido y comprimido, respectivamente;

la figura 5 es una vista lateral, parcialmente en sección, de un montaje de ventosa para una lámina de utillaje flexible, según la invención, y

25 la figura 6 es una vista lateral esquemática de una lámina de utillaje según la invención soportada por pasadores elásticos extensibles.

30 Con referencia a los dibujos, la figura 2a muestra esquemáticamente una secuencia apilada, o material laminado 1, de 8 estratos o capas de aluminio 2. La separación entre estratos está muy exagerada, por motivos de claridad. Cada estrato 2 tiene un grosor de 1 mm y se utiliza para la lámina de utillaje en una herramienta de geometría variable o flexible tal como se muestra en la figura 6. Los perímetros de los estratos de aluminio 2 están rodeados por un fuelle hermético 3, que está fabricado de un elastómero o termoplástico duradero, por ejemplo poliuretano, y unido a los estratos de aluminio superior 4 e inferior 5 de la lámina. El fuelle de perímetro también incluye varias conexiones de vacío 6 espaciadas regularmente que están acopladas a un suministro de vacío (no mostrado).

35 Tras la aplicación de un vacío, como se muestra en la figura 2b, se evacua el aire de las zonas 7 entre los estratos de la lámina llevando a la creación de una diferencia de presión entre la atmósfera circundante y las zonas 7 entre los estratos. Ésta comprime los estratos de aluminio 2 entre sí, como se muestra en las figuras 1b y 2b, haciendo que los estratos se comporten, bajo una carga de flexión limitada, de una manera similar a una placa de aluminio homogénea de 8 mm de grosor, como se muestra en la figura 1 b. Esto se debe a la imposición de restricciones de deformación en la interfaz 8 entre cada par de estratos 2 equivalentes a las experimentadas dentro de cada estrato.

40 Tomando una aproximación del haz de Euler 1 D del sistema, la rigidez a la flexión aparente del laminado no sujeto, como se muestra en la figura 1c, es 64 veces menor que el laminado sujeto de la figura 1 b. Esta razón entre la rigidez a la flexión de láminas no sujetas y sujetas por vacío puede aumentarse adicionalmente aumentando el número de estratos 2. Por ejemplo, un material laminado de 24 estratos con la misma masa que el material laminado de 8 estratos implementado anteriormente tendría una rigidez a la flexión con sujeción que se aproximaría 600 veces a la de la versión sin sujeción.

45 La rigidez con sujeción de la lámina se basa en la fuerza de fricción generada entre los estratos 2. Suponiendo una superficie de aluminio limpia, normalmente pueden observarse coeficientes de fricción estática de 1,2 a 1,3. Por tanto, suponiendo una presión de sujeción atmosférica de 100 kPa, la tensión de cizallamiento requerida para inducir un deslizamiento entre los elementos sería de ~120 kPa. Por el contrario, la resistencia al cizallamiento entre capas de un material compuesto de fibra de carbono es del orden de 30-50 MPa, 250 veces la que puede alcanzarse entre

50 La rigidez con sujeción de la lámina se basa en la fuerza de fricción generada entre los estratos 2. Suponiendo una superficie de aluminio limpia, normalmente pueden observarse coeficientes de fricción estática de 1,2 a 1,3. Por tanto, suponiendo una presión de sujeción atmosférica de 100 kPa, la tensión de cizallamiento requerida para inducir un deslizamiento entre los elementos sería de ~120 kPa. Por el contrario, la resistencia al cizallamiento entre capas de un material compuesto de fibra de carbono es del orden de 30-50 MPa, 250 veces la que puede alcanzarse entre capas de aluminio planas.

55 Para abordar esto, pueden formarse una serie de características de interbloqueo 9, 10 sobre los estratos de aluminio 2. Tales características sólo pueden formarse a escala microscópica. Alternativamente puede conseguirse un contacto más estrecho entre superficies de estratos adyacentes mediante la introducción de un recubrimiento apropiado o capa intermedia 11, que se muestra en la figura 2a por motivos de conveniencia.

60 Un sistema de vacío está limitado a una presión de sujeción de 100 kPa (1 atmósfera). Puede conseguirse una mejora de la presión de sujeción en zonas localizadas empleando una serie de elementos de sujeción, por ejemplo abrazaderas de resorte (no mostrados) o abrazaderas de tornillo 12 como se muestra en las figuras 3a y 3b.

65

Un sistema práctico puede emplear una serie de vesículas de aire a presión 13 en un lado inferior 14 de la lámina de utillaje para proporcionar una compresión a través del grosor de los estratos. Esto permitiría la aplicación de presión localizada por encima de 100 kPa, aumentando así la resistencia al cizallamiento entre capas. Además, el uso de un suministro de alta presión ramificado 15 a cada vesícula de aire 13 eliminaría la molesta necesidad de tener que aplicar un par de torsión a una serie de abrazaderas de tornillo 12.

Como alternativa al sistema de vacío descrito anteriormente, pueden intercalarse una serie de capas intermedias 11 de material polimérico entre los estratos 2, como se muestra en la figura 2a y la figura 6. La adición de medios de calentamiento 18 o 19, véase la figura 6, a la disposición permitirá entonces calentar los estratos 2 y las capas intermedias 11. Entonces, el calentamiento o bien ablandará las capas intermedias y permitirá un deslizamiento gradual entre los estratos o bien, si se aplica calor suficiente, fundirá el material de capa intermedia. La fusión permitirá un doblado mucho más rápido de los estratos y puede ser adecuada para componentes moldeados por la herramienta para obtener una curvatura mayor. Aunque el elemento de calentamiento 19 se muestra extendiéndose por el lado inferior 14 de la lámina de utillaje, en algunas circunstancias puede ser deseable colocar el elemento dentro de la lámina de utillaje, o bien entre los estratos 2 o bien, si los estratos en sí mismos están contruidos de un material compuesto, dentro de uno o varios de los estratos.

El calentador 18 es un calentador de aire caliente y puede disponerse además para suministrar aire frío, para enfriar la lámina rápidamente, una vez alcanzada su configuración prevista para que tenga lugar el moldeo. El calentador 19 es una estera calentada eléctricamente unida a la superficie inferior, o lado inferior, 14 de la lámina de utillaje.

Volviendo a la figura 5, la lámina de utillaje 1 se muestra unida a un accesorio de vacío rodante 20. Cada accesorio de vacío rodante 20 está colocado sobre un pasador elástico 17. Cada pasador elástico es hueco, puede extenderse con una precisión extrema y puede conectarse a una fuente de vacío (no mostrada). Cada accesorio de vacío rodante 20 comprende una copa hueca 21 que contiene una esfera 22 rígida, perforada, que puede girar libremente en la copa. Alrededor de la periferia de la copa está colocada una junta elastomérica 23. Esta junta evita que el aire pase al interior de la copa 21, sobre la que se aplica un vacío a través del pasador elástico hueco 17, menos a través de las perforaciones 24 en la esfera. Un reborde periférico 25 de la copa está dispuesto para entrar en contacto prácticamente con una superficie 26 de una capa elastomérica 27 en el lado inferior de la lámina de utillaje. En este ejemplo, la capa elastomérica 27 es un material de espuma de célula cerrada. Sin embargo, el uso de una capa elastomérica homogénea puede preferirse en determinadas circunstancias. Por tanto, sólo un número mínimo de perforaciones estarán expuestas a la atmósfera y provocarán una reducción mínima del vacío aplicado. En la figura 5 se observará que una pequeña área 28 que rodea la copa se ha desplazado hacia abajo hacia la copa por el vacío aplicado. Esta característica aumenta el área de superficie activa de la esfera 22 y la espuma 27 en contacto entre sí y por tanto, la fuerza de atracción que existe entre las mismas.

Se observará que el rodamiento de la esfera a lo largo de la superficie de la espuma 26 no aumentará ni disminuirá las áreas de superficie de la esfera y espuma en contacto entre sí. Por tanto, la única fuerza que se resiste al movimiento de rodamiento será la fricción entre la copa y la esfera y resultará un rodamiento relativamente libre. Por tanto, aunque la lámina de utillaje 1 esté firmemente unida a cada pasador elástico 17 mediante vacío, la lámina de utillaje puede reconfigurarse fácilmente para obtener una nueva posición de moldeo, aunque tal movimiento implique un posicionamiento relativo bastante extremo entre pasadores elásticos adyacentes que, de lo contrario, daría lugar a la aplicación a la lámina de una tensión considerable en el plano.

Un aspecto adicional de la invención puede ser el uso de un estrato de superficie superior de polímero de baja energía de superficie 16, por ejemplo una poliolefina, para la lámina de utillaje. Esto proporcionaría atributos de desprendimiento automático a la superficie de la herramienta de moldeo, lo que significa que no serían necesarios trabajos adicionales, por ejemplo encerado y pulido, requeridos para preparar una superficie de moldeo de metal.

Tal estrato de superficie superior de baja energía de superficie puede unirse conjuntamente a, o ensamblarse conjuntamente con, la lámina de utillaje. Un ejemplo de un material de poliolefina de baja energía de superficie adecuado para este fin es un polipropileno autorreforzado tal como Tegrís (Milliken).

La herramienta y el procedimiento de la invención son particularmente adecuados para la fabricación de materiales compuestos a medida para estructuras para automóviles o para la industria aeroespacial donde son necesarios tamaños de lote de producción pequeños y cambios frecuentes de diseño.

La herramienta de la invención es adecuada para procesos de colocación manual tales como técnicas de infusión líquida, infusión de películas de resina o moldeo de productos preimpregnados. Del mismo modo, es adecuada para técnicas automatizadas tales como técnicas de colocación de cinta o fibra reforzada con robots.

La invención puede utilizarse adicionalmente para la producción de revestimientos o recubrimientos perfilados previstos para su unión a un sustrato curvado correspondiente, por ejemplo, capas de recubrimiento multifuncionales para mástiles para la marina.

65

REIVINDICACIONES

1. Una herramienta de fabricación flexible, que incluye una lámina (1) de múltiples capas, generalmente plana, de material que define una superficie de herramienta sobre la misma, medios para deformar la lámina de manera controlable aplicando fuerzas de deformación fuera del plano a la lámina (1) en ubicaciones predeterminadas por la lámina (1), caracterizada por medios para aumentar y disminuir selectivamente las fuerzas de cizallamiento entre capas con lo que se varía la rigidez a la flexión de la lámina.
2. Una herramienta según la reivindicación 1, en la que las fuerzas de cizallamiento entre capas son fuerzas de fricción generadas entre capas adyacentes de la lámina y en la que los medios para aumentar y disminuir selectivamente las fuerzas de fricción entre capas comprenden medios de vacío (6) adaptados para aplicar selectivamente un vacío entre las capas.
3. Una herramienta según la reivindicación 2, en la que los medios de vacío comprenden medios de bolsa de vacío (3) adaptados para entrar en contacto hermético con una periferia de la lámina de material con lo que se aplica el vacío entre las capas.
4. Una herramienta según la reivindicación 2 o 3, en la que los medios para aumentar y disminuir selectivamente las fuerzas de fricción entre capas incluyen una serie de características de interbloqueo (9, 10) formadas sobre capas adyacentes.
5. Una herramienta según la reivindicación 1, en la que los medios para aumentar y disminuir selectivamente las fuerzas de cizallamiento entre capas comprenden capas (11) de material que puede ablandarse intercaladas entre las capas de la lámina y medios (18, 19) para endurecer y ablandar las capas de material que puede ablandarse, respectivamente.
6. Una herramienta según la reivindicación 5, en la que el material que puede ablandarse comprende un material fusible con lo que el material que puede ablandarse puede ablandarse hasta el punto de fusión del material.
7. Una herramienta según la reivindicación 5 o 6, en la que los medios para endurecer y ablandar el material que puede ablandarse comprenden, respectivamente, medios de enfriamiento y calentamiento.
8. Una herramienta según la reivindicación 5, 6 o 7, en la que el material que puede ablandarse comprende un material termoplástico.
9. Una herramienta según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en la que los medios para aumentar y disminuir selectivamente las fuerzas de fricción entre capas incluyen medios de sujeción para aplicar selectivamente presión entre las capas de la lámina en ubicaciones espaciadas por la lámina.
10. Una herramienta según la reivindicación 9, en la que los medios de sujeción comprenden una serie de vesículas de gas a presión (13) en contacto con una primera superficie de lámina (14), pudiendo expandirse cada vesícula de gas (13) contra un elemento (12) unido a un estrato que define una segunda superficie opuesta de la lámina.
11. Una herramienta según cualquier reivindicación anterior, en la que los medios para deformar la lámina de manera controlable comprenden una serie de soportes ajustables para la lámina, y en la que cada soporte puede unirse a la lámina con un accesorio de vacío rodante (20).
12. Una herramienta según la reivindicación 11, en la que el accesorio de vacío rodante (20) comprende una esfera perforada hueca (22) que puede girar en una copa (21), pudiendo acoplarse la esfera (22) con una superficie (26) definida en la lámina de utillaje (27) que puede adaptarse a la curvatura de la esfera (22) con lo que se une la esfera a la superficie adaptable (27), estando unida la copa (22) a dicho soporte ajustable (17) y pudiendo conectarse a una fuente de vacío con lo que se aplica un vacío entre la superficie perforada de la esfera (22) y la superficie adaptable (27) de la lámina de utillaje y en la que la esfera (22) puede girar por la superficie adaptable mientras se aplica vacío a la misma.
13. Una herramienta según la reivindicación 12, en la que la superficie adaptable está definida sobre una capa elastomérica.
14. Una herramienta según la reivindicación 12 o 13, en la que la copa (21) está sellada de manera deslizante con respecto a la esfera en la zona de una periferia de la copa (21).
15. Una herramienta según cualquier reivindicación anterior, que incluye una capa de polímero de baja energía de superficie que define dicha superficie de herramienta.

- 5 16. Un procedimiento para configurar una lámina de utillaje para una herramienta de moldeo flexible, caracterizado por que la lámina de utillaje comprende una lámina (1) de múltiples capas, generalmente plana, de material que define una superficie de herramienta sobre la misma y capas adyacentes de la lámina que definen una interfaz de cizallamiento variable entre las mismas, incluyendo el procedimiento las etapas de reducir las fuerzas de cizallamiento entre capas para reducir la rigidez a la flexión global de la lámina, ajustar la forma de la lámina a una configuración de moldeo deseada y a continuación, aumentar las fuerzas de cizallamiento entre capas para aumentar la rigidez a la flexión global de la lámina (1) para que tenga lugar el moldeo.

Fig. 1(a)



Fig. 1(b)

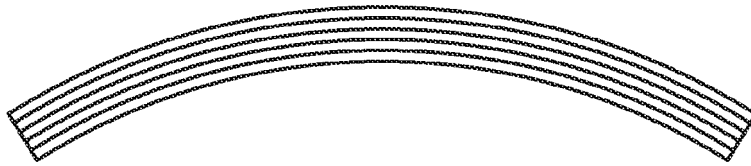


Fig. 1(c)

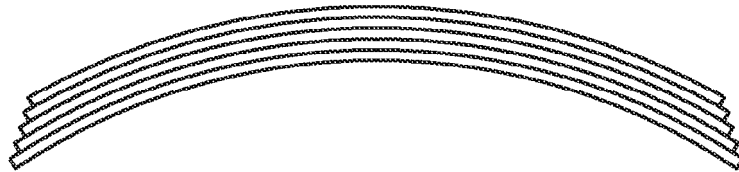


Fig. 2(a)

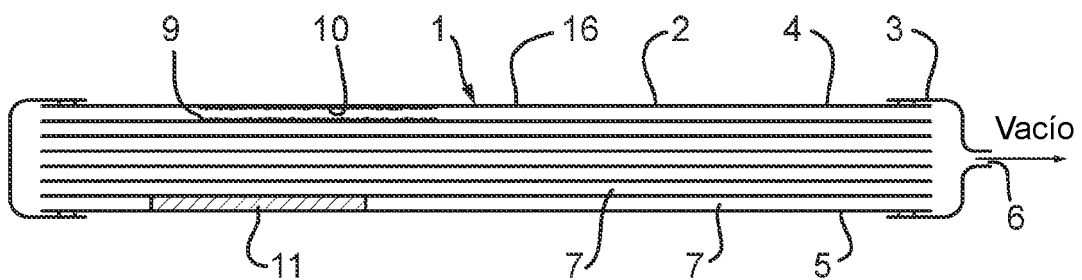


Fig. 2(b)



Fig. 3(a)

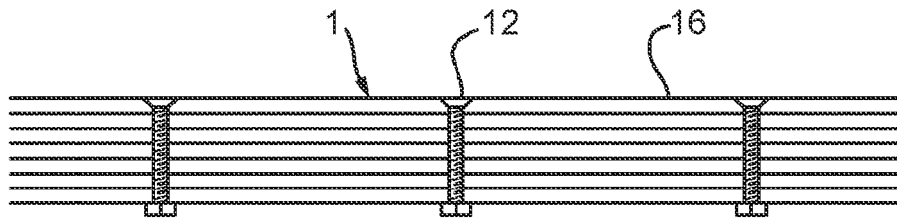


Fig. 3(b)

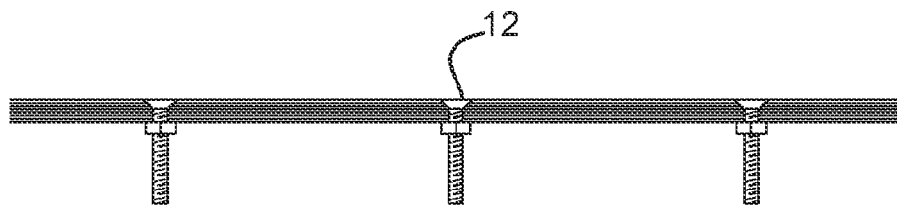


Fig. 4(a)

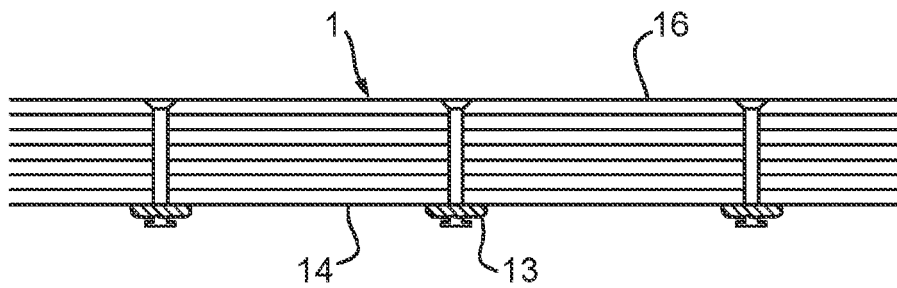


Fig. 4(b)

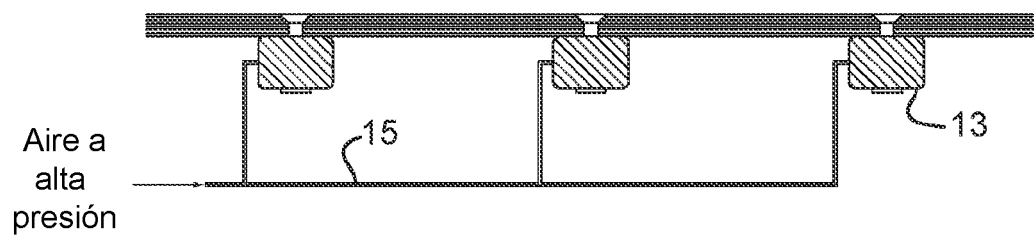


Fig. 5

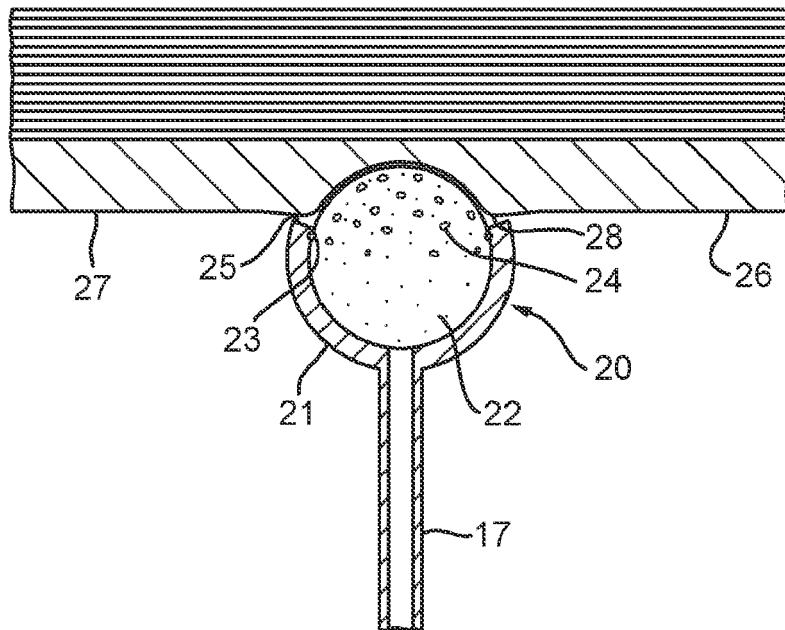


Fig. 6

