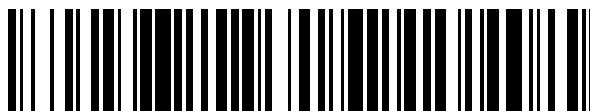


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 370 283**

51 Int. Cl.:
B29C 43/18 (2006.01)
B29C 43/12 (2006.01)
B29C 70/44 (2006.01)
B29C 43/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03077681 .9**
96 Fecha de presentación: **27.08.2003**
97 Número de publicación de la solicitud: **1393875**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.03.2004**

54 Título: **PROCEDIMIENTO DE CONFORMADO Y MOLDE PARA MATERIALES COMPUESTOS.**

30 Prioridad:
30.08.2002 US 233270

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
14.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
14.12.2011

73 Titular/es:
**THE BOEING COMPANY
100 NORTH RIVERSIDE PLAZA
CHICAGO IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:
**Willden, Kurtis S.;
Harris, Christopher G. y
Van West, Barry P.**

74 Agente: **Arias Sanz, Juan**

ES 2 370 283 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 de conformado y molde para materiales compuestos

Esta invención se refiere generalmente al conformado de materiales compuestos, y más concretamente, a la formación de piezas conformadas de material compuesto.

5 Las piezas conformadas de material compuesto se utilizan habitualmente en aplicaciones tales como la aeronáutica y los vehículos, en las que se desea un peso ligero y una elevada resistencia. Estas aplicaciones utilizan típicamente piezas o acanaladuras de contornos complejos que deben ser conformadas y curadas a continuación. Históricamente, las estructuras de material compuesto de contornos complejos han conllevado una intensa mano de obra para el conformado previo al curado. Típicamente, chapas de fibras compuestas pre-impregnadas ("pre-pegs") tales como laminados de fibras
10 de carbono impregnadas de resina epoxídica se colocan a mano sobre un mandril u horma conformada. A continuación, la pieza se cura, a menudo mediante calor. Alternativamente, chapas de tejido seco ("tejido seco") se pueden colocar y, a continuación, se añade un material ligante. Esto da como resultado una pieza contorneada que se corresponde con la forma del mandril. Sin embargo, la colocación manual de chapas pre-impregnadas o de tejido seco es intensiva en tiempo.

15 El documento más próximo del estado de la técnica, el US 4.986.865, se refiere a la producción de un tablero laminado, y divulga un aparato y un procedimiento para conformar materiales compuestos, aparato que comprende un mandril con una primera superficie y un molde.

La FIGURA 1 es una vista en sección transversal de un sistema de formación por cámara de vacío del estado de la técnica anterior para conformar materiales compuestos. Una carga de material compuesto 20 se sitúa sobre un mandril
20 10. Se apreciará que la carga de material compuesto puede ser cualquier material adecuado para conformar piezas de material compuesto, incluyendo, sin limitación, chapas de tejido seco o pre-impregnadas. El mandril 10 descansa sobre una base de vacío 26, o está vinculado a la misma. La base de vacío 26, el mandril 10, y la carga de material compuesto 20 están recubiertos por una cámara de vacío 24. Durante el conformado de la carga de material compuesto 20 sobre el mandril 10, la carga 20 se calienta y el aire es evacuado de debajo de la cámara de vacío 24. Esto forma las porciones colgantes 21 de la carga de material compuesto 20 que cuelgan de la parte superior del mandril 10. En este ejemplo, la
25 cámara de vacío se utiliza para conformar los rebordes de un larguero o viga en forma de C. Las chapas de laminado en la porción colgante 21 de la carga de material compuesto 20 experimentan una cizalladura mutua a medida que la carga de material compuesto se conforma mediante la cámara de vacío 24 sobre el mandril 10.

La FIGURA 2A ilustra el procedimiento de moldeo de compresión del estado de la técnica anterior de una carga de material compuesto 20 sobre un mandril 10. Una carga de material compuesto 20 se sitúa sobre una herramienta de conformado o mandril 10. Un molde de compresión 30 es forzado sobre la carga de material compuesto 20 y el mandril
30 10, presionando las chapas de material compuesto contra el mandril 10 y formando la pieza. Las FIGURAS 2B y 2C muestran procedimientos mejorados de moldeo por compresión. En la FIGURA 2B, una carga de material compuesto 20 se sitúa sobre un mandril 10. Un molde de compresión 30 con puntas 32 flexibles curva la carga de material compuesto 20 al ser forzado sobre la carga de material compuesto 20 y el mandril 10. Las puntas 32 flexibles en las esquinas del molde
35 30 disminuyen el pandeo fuera del plano de la carga de material compuesto a medida que es conformada, al alisar las chapas a medida que se conforman sobre el mandril 10.

La FIGURA 2C muestra una variación adicional del moldeo de compresión del estado de la técnica anterior de una carga de material compuesto sobre un mandril. En la FIGURA 2C, la carga de material compuesto 20 se sitúa sobre el mandril
40 10. Un molde de compresión 30 con vejigas de conformado 34 es forzado sobre la carga de material compuesto 20 y el mandril 10 para conformar la pieza de material compuesto. Las vejigas de conformado 34 se presionan hacia abajo y lateralmente contra las porciones curvadas de la carga de material compuesto, disminuyendo así el pandeo fuera del plano. En las FIGURAS 2A, 2B, y 2C, las chapas de laminado de la carga de material compuesto 20 que cuelgan del mandril 10 experimentan una cizalladura mutua sobre toda la longitud colgante o de reborde durante el proceso de conformado. Esto crea una tendencia a un pandeo fuera del plano, especialmente con laminados gruesos, longitudes de reborde largas, piezas contorneadas, espárragos de anclaje o piezas con inflexiones.
45

Las FIGURAS 3A, 3B y 3C ilustran el área superficial grande en la que las chapas de laminado experimentan una cizalladura mutua durante el conformado de una carga de material compuesto 20 sobre un mandril 10, utilizando procedimientos de cámara de vacío del estado de la técnica anterior o un moldeo simple de compresión ilustrado en la FIGURA 1 y en las FIGURAS 2A, 2B y 2C. En la FIGURA 3A, una carga de material compuesto 20 plana se sitúa sobre el
50 mandril 10. En la FIGURA 3B, a medida que tiene lugar el curvado de la carga de material compuesto 20, aparece una zona de cizalladura 22 en la que las chapas de laminado experimentan una cizalladura mutua. Esta zona de cizalladura entre chapas abarca toda la longitud colgante o longitud de reborde de la pieza en formación. La magnitud de la cizalladura aumenta hacia el canto del reborde.

En la FIGURA 3, la cizalladura entre las chapas de laminado en la zona de cizalladura 22 continúa a medida que la carga de material compuesto 20 es forzada hacia abajo sobre el mandril 10. La cizalladura en la zona de cizalladura 22 da como resultado un pandeo fuera del plano de las chapas de laminado. Bajo procedimientos del estado de la técnica anterior de
55

cámara de vacío y de moldeo de compresión, las chapas internas de la carga de material compuesto situadas contra el mandril se encuentran en compresión por la cizalladura contra las chapas externas a medida que la carga de material compuesto es conformada sobre el mandril 10. Esto se muestra en las FIGURAS 3B y 3C del estado de la técnica anterior, en las que toda el área de reborde 22 ha deslizado entre las chapas.

- 5 Por lo tanto, existe una necesidad no satisfecha de un procedimiento y de un sistema de conformado de material compuesto que conforme cargas de laminado gruesas y piezas con contornos, espárragos de anclaje, o rebordes largos, sin pandeo fuera del plano de las chapas de laminado.

La presente invención minimiza la zona de cizalladura en la que las chapas y la carga de laminado de material compuesto deslizan entre sí durante el proceso de conformado, reduciendo o eliminando así el pandeo de fibras fuera del plano.

- 10 Se presenta un procedimiento para conformar materiales compuestos. Una carga de material compuesto más ancha que una primera superficie de un mandril se sitúa a lo largo de la primera superficie del mandril. La porción de la carga de material compuesto que cuelga de la primera superficie del mandril es soportada y empujada contra el mandril, mientras que la porción no curvada de la carga de material compuesto es soportada de modo sustancialmente paralelo a la primera superficie del mandril.

- 15 La invención proporciona asimismo un sistema para conformar materiales compuestos. Un molde de compresión de vejigas de conformado y placas calefactoras conforma una carga de material compuesto sobre un mandril y soporta las porciones no curvadas de la carga de material compuesto durante el conformado de modo sustancialmente paralelo a la superficie superior del mandril.

- 20 Los modos de realización preferidos y alternativos de la presente invención se describen en detalle a continuación con referencia a los siguientes dibujos:

la FIGURA 1 es una sección transversal de un conformado de una carga de material compuesto por cámara de vacío del estado de la técnica anterior;

las FIGURAS 2A, 2B, y 2C son secciones transversales de un moldeo de compresión de una carga de material compuesto del estado de la técnica anterior;

- 25 las FIGURAS 3A, 3B, y 3C son secciones transversales progresivas que ilustran la zona de cizalladura de la chapa de laminado durante un conformado de cargas de material compuesto del estado de la técnica anterior;

las FIGURAS 4A, 4B, y 4C son secciones transversales progresivas que ilustran la zona de cizalladura de la chapa de laminado durante el conformado mediante la presente invención;

la FIGURA 5A es una sección transversal de la presente invención con vejigas de presión;

- 30 la FIGURA 5B es una sección transversal de la presente invención con vejigas de presión y puntas flexibles;

la FIGURA 5C es una sección transversal de la presente invención con vejigas de presión y vejigas de conformado; y

la FIGURA 6 es una sección trasversal de una máquina de conformado ejemplar que utiliza la presente invención.

- 35 A modo de resumen, se proporciona un procedimiento para conformar materiales compuestos. Una carga de material compuesto más ancha que una primera superficie de un mandril se sitúa a lo largo de la primera superficie del mandril. La porción de la carga de material compuesto que cuelga de la primera superficie del mandril está soportada y empujada contra el mandril mientras que la porción sin curvar de la carga de material compuesto está soportada de modo sustancialmente paralelo a la primera superficie del mandril. La invención proporciona asimismo un sistema para conformar materiales compuestos. Un molde de compresión de vejigas de conformado y placas calefactoras conforma una carga de material compuesto sobre un mandril y soporta las porciones sin curvar de la carga de material compuesto durante el conformado de modo sustancialmente paralelo a la superficie superior del mandril. La presente invención minimiza así la zona de cizalladura en la que las chapas de la carga de laminado de material compuesto deslizan entre sí durante el proceso de conformado, reduciendo o eliminando por ello el pandeo fuera del plano de las fibras.

- 40 Las FIGURAS 4A, 4B y 4C son secciones transversales progresivas que ilustran un modo de realización de un método de conformado de la presente invención. En la FIGURA 4A, una carga de material compuesto 20 de múltiples chapas se sitúa contra una primera superficie de una herramienta o mandril de conformado 10. Se apreciará que la carga de material compuesto puede ser cualquier material adecuado para el conformado de piezas de material compuesto, incluyendo, sin limitación, tejido seco o chapas pre-impregnadas. La FIGURA 4B muestra la carga de material compuesto 20 contra el mandril 10 cuando se utiliza el procedimiento de conformado de la presente invención. Una porción colgante 23 de la carga de material compuesto 20 se mantiene sustancialmente paralela a una primera superficie 11 del mandril 10 a medida que la carga de material compuesto 20 es empujada o conformada sobre el mandril 10. Sustancialmente paralelo puede ser apropiadamente un ángulo que va de paralelo a la primera superficie 11 del mandril 10 a un pequeño ángulo de
- 45
- 50

hasta 20°. A medida que tiene lugar el conformado, las chapas de la carga de material compuesto 20 experimentan una cizalladura mutua en una zona de cizalladura 22. Ventajosamente, la zona de cizalladura 22 está limitada en tamaño y cantidad de cizalladura ya que la porción colgante 23 de la carga de material compuesto 20 se mantiene sustancialmente paralela a la primera superficie 11 del mandril 10. Así pues, el área primaria en la que las chapas pre-impregnadas experimentan una cizalladura mutua tan sólo es tan ancha como el área que está siendo moldeada en ese mismo instante contra el mandril 10. Mantener la porción colgante 23 de la carga de material compuesto 20 sustancialmente paralela a la primera superficie 11 del mandril 10 da como resultado una curvatura en forma de "S" de la carga de material compuesto 20. Las chapas de laminado de la carga de material compuesto 20 no experimentan una cizalladura mutua en aquellos puntos en los que la carga de material compuesto ya está en contacto con el mandril 10. De modo similar, las chapas en el área colgante 23 que se mantiene sustancialmente paralela a la primera superficie 11 del mandril 10 no deslizan entre sí durante el conformado o sólo deslizan entre sí mínimamente. Como resultado, la zona de cizalladura 22, el área en la que las chapas están deslizando entre sí durante el moldeo, se minimiza. Minimizar la zona de cizalladura 22 reduce sustancialmente o elimina el pandeo fuera del plano de las fibras de material compuesto en las chapas de material compuesto pre-impregnadas. Soportar la porción colgante 23 durante el conformado mantiene igualmente las chapas internas bajo tensión.

La FIGURA 4C es una sección transversal que ilustra una etapa posterior del conformado de la carga de material compuesto 20 sobre el mandril 10 utilizando el procedimiento de la presente invención. La carga de material compuesto 20 ha sido moldeada igualmente sobre los lados del mandril 10, disminuyendo por ello el tamaño de la porción colgante 23 de la carga de material compuesto 20. La porción colgante 23 se mantiene todavía sustancialmente paralela a la primera superficie 11 del mandril 10. La zona de cizalladura 22 de la carga de material compuesto 20 se mantiene pequeña a medida que la carga de material compuesto 20 es moldeada progresivamente contra el mandril ya que, como en la FIGURA 4B, la porción de la carga de material compuesto 20 que ya ha sido moldeada contra el mandril 10 no presenta ninguna cizalladura entre sus chapas, y de modo similar la porción colgante 23 de la carga de material compuesto no presenta cizalladura entre sus chapas. Tan sólo experimenta cizalladura el área en la que la carga de material compuesto 20 se curva alejándose del mandril 10, a medida que la carga de material compuesto 20 es conformada progresivamente sobre el mandril 10. A medida que la carga de material compuesto 20 es moldeada contra el mandril 10, la zona de cizalladura 22 se desplaza progresivamente hacia fuera hacia los bordes de la carga de material compuesto 20, con un área limitada de la carga de material compuesto 20 sometida a cizalladura en cualquier punto del proceso de conformado.

Ventajosamente, de acuerdo con la presente invención, la zona de cizalladura 22 primaria de la carga de material compuesto 20 no es la totalidad del reborde o área de la carga de material compuesto que va a ser laminada contra el mandril 10, sino tan sólo aquella parte de la carga que se curva alejándose del mandril en cada instante del conformado. La presente invención tensiona las chapas internas y minimiza la zona de cizalladura 22 al mantener las porciones colgantes 23 sin curvar de la carga de material compuesto 20 sustancialmente paralelas a la primera superficie 11 del mandril 10.

La FIGURA 5A muestra un modo de realización de un aparato que utiliza el procedimiento de la presente invención. Una carga de material compuesto 20 se sitúa a lo largo de un mandril 10. La carga de material compuesto 20 es moldeada contra el mandril 10 por un molde de compresión 30. A medida que tiene lugar el moldeo, las porciones colgantes 23 de la carga de material compuesto 20 son soportadas de modo sustancialmente paralelo a una primera superficie del mandril 10 mediante soportes de carga 40. En el modo de realización mostrado en la FIGURA 5A, el molde de compresión 30 tiene vejigas de presión 36 que comprimen la porción colgante 23 de la carga de material compuesto 20 contra los soportes de carga 40 mientras tiene lugar el conformado. El conformado tiene lugar cuando el molde de compresión 30 es forzado sobre la carga de material compuesto 20 y el mandril 10 mientras que los soportes 40 soportan la porción colgante 23 restante sin formar de la carga de material compuesto 20. En este modo de realización, el molde de compresión 30 es una prensa de baja presión.

La FIGURA 5B muestra otro modo de realización de un aparato de la presente invención. En la FIGURA 5B, la carga de material compuesto 20 se sitúa sobre el mandril 10. Las porciones colgantes 23 de la carga de material compuesto 20 son soportadas mediante soportes de carga 40. El molde de compresión 30 tiene puntas 32 flexibles en las esquinas del molde de compresión 30, en donde la carga de material compuesto 20 está siendo presionada o empujada contra el mandril 10. Aunque la carga 20 está soportada por los soportes de carga 40, la carga 20 es comprimida asimismo contra los soportes de carga 40 mediante las vejigas de presión 36.

Las puntas 32 flexibles del molde de compresión 30 son de cualquier material flexible adecuado que deslice sobre la carga de material compuesto 20 contribuyendo a empujar y conforma la carga de material compuesto 20 contra el mandril 10 a medida que avanza el procedimiento de conformado. Puntas de conformado o dispositivos de empuje alternativos pueden ser adecuadamente articulados, flexibles, cargados por resorte o pivotantes para presionar contra la carga de material compuesto 20 a medida que es conformada sobre el mandril 10. A modo de ejemplo, puntas de conformado o dispositivos de empuje pueden incluir apropiadamente un trampolín, un tablero de cantos, una caperuza elástica, un material compresible, o una almohadilla de resorte. Un trampolín es una placa flexible que presiona contra la carga de material compuesto 20, mientras que un tablero de cantos tiene secciones de dedos flexibles que presionan contra la carga de material compuesto 20. Una caperuza elástica es un material flexible que se desliza sobre la carga de material compuesto

20. Un material compresible o una almohadilla de resorte presionan de modo similar contra la carga de material compuesto 20, empujándola contra el mandril 10.

La FIGURA 5C muestra un modo de realización adicional de la presente invención. La carga de material compuesto 20 se sitúa sobre el mandril 10. Las porciones colgantes 23 de la carga de material compuesto 20 están soportadas por los soportes de carga 40. El conformado tiene lugar cuando el molde de compresión 30 es presionado hacia el mandril 10 y la carga de material compuesto 20. En este modo de realización, el molde de compresión 30 tiene vejigas de conformado 34 que son blandas y flexibles y presionan la carga de material compuesto 20 contra el mandril 10 a medida que la carga de material compuesto 20 está siendo conformada. El molde de compresión 30 tiene vejigas de presión 36 que mantienen la carga de material compuesto contra los soportes de carga 40 durante el proceso de conformado hasta que las porciones colgantes 23 de la carga de material compuesto 20 son comprimidas contra el mandril 10. Las vejigas de conformado 34 pueden ser de cualquier material adecuado flexible, de resorte o pivotante, y pueden tener cualquier forma adecuada. En un modo de realización actualmente preferido, las vejigas de conformado son una manguera de incendios inflada. Las vejigas de conformado pueden ser sustituidas asimismo apropiadamente por, o suplementadas con, un trampolín, un tablero de cantos, una caperuza elástica, un material compresible, o una almohadilla de resorte o similar.

Se apreciará que si la carga de material compuesto 20 es rígida, o se mantiene a sí misma de otro modo contra los soportes de carga 40, puede no ser necesario un dispositivo de presión tal como una vejiga de presión 36 para sostener la carga de material compuesto 20. En tal caso, las porciones sin conformar de la carga de material compuesto 20 cuelgan aún así sobre el mandril y son soportadas contra los soportes de carga 40. La presión del molde de compresión 30 comprime el resto colgante sin conformar de la carga de material compuesto 20 contra los soportes de carga 40. Esto ocurre a medida que la carga de material compuesto 20 es curvada contra el mandril 10 en forma de "S", incluso sin la vejiga de presión 36. Así pues, algunos materiales pueden ser conformados apropiadamente por la presente invención sin ningún dispositivo de presión de carga.

Se apreciará que el procedimiento y sistema de la presente invención pueden ser utilizados con distintos materiales, procesos de conformado y formas conformadas. Por ejemplo, el conformado puede ser facilitado calentando para ablandar la carga de material compuesto. Asimismo, una lámina de plástico de baja fricción puede ser situada sobre la carga de laminado durante el conformado. En este modo de realización, el conformado utilizando la presente invención se consigue situando una lámina de etileno polipropileno fluorado sobre la carga de material compuesto durante el conformado.

La FIGURA 6 es una sección transversal de un modo de realización de la presente invención. Una máquina 5 de conformado de material compuesto incluye un mandril 10 sobre el cual se conforma la carga de material compuesto 20. La máquina 5 se muestra al inicio del proceso de conformado. La carga de material compuesto 20 se sitúa a lo largo de la superficie superior del mandril 10. Las porciones colgantes de la carga de material compuesto 20 son soportadas de modo sustancialmente paralelo a la superficie superior del mandril 10 mediante soportes de carga 40. Sustancialmente paralelo puede ser apropiadamente un ángulo que va de paralelo a la primera superficie 11 del mandril 10 (0°) a un pequeño ángulo de hasta 20°. En este modo de realización, los soportes de carga 40 están apropiadamente paralelos a la primera superficie 11 del mandril 10. En este modo de realización, los soportes de carga incorporan unas placas calefactoras 42. Se apreciará que cualquier calentador adecuado puede ser utilizado, incluyendo, a modo de ejemplo, calentadores infrarrojos o cañones calefactores de aire caliente. El calentamiento ablanda a la carga de material compuesto 20, contribuyendo al proceso de conformado. El calentamiento de la carga de material compuesto 20 pre-impregnada antes del curado final es aceptable siempre y cuando la temperatura de pre-curado y los límites de duración de temperatura de la carga de material compuesto que está siendo conformada no se excedan. Cualquier temperatura adecuada de calentamiento del reborde puede ser utilizada. El modo de realización ilustrado en la FIGURA 6 tiene una capacidad de calentamiento del reborde de entre 79,4 °C y 90,6 °C (175° F y 195 °F). En un modo de realización de la presente invención, se ha encontrado que, aproximadamente 79,4 °C (175° F) es una temperatura de conformado preferida. Asimismo se apreciará que muchas cargas de material compuesto pueden ser conformadas apropiadamente sin calentamiento.

Durante el conformado, la carga de material compuesto 20 es empujada sobre el mandril 10 mediante el molde de compresión 30. El molde de compresión 30 se puede hacer descender sobre el mandril 10 a cualquier velocidad adecuada. La máquina ilustrada en la FIGURA 6 puede hacer bajar el molde de compresión 30 sobre el mandril 10 a velocidades de entre 2,5 mm y 254 mm (0,1 pulgada a 10 pulgadas) por minuto, con una velocidad de conformado preferida ejemplar de, aproximadamente, 12,7 mm (0,5 pulgadas) por minuto. El molde de compresión 30 forma dos lados de una viga, pero se apreciará que una máquina de conformado de un solo lado puede utilizar el mismo el procedimiento y sistema.

El molde de compresión 30 conforma la carga de material compuesto 20 sobre el mandril 10 utilizando vejigas de conformado 34 flexibles. En un modo de realización, las vejigas de conformado son unos tubos de goma adecuadamente inflados, pero cualquier material flexible, de baja fricción, o pivotante puede ser utilizado. Las vejigas de conformado 34 pueden ser infladas a cualquier presión adecuada, típicamente entre 34,5 y 689,5 kPa (5 y 100 psi). Aproximadamente, se ha encontrado que 275,8 kPa (40 psi) es una presión preferida para conformar canales para aeronaves en forma de "C"

sobre el mandril 10. La cantidad de interferencia de la vejiga, que es la cantidad en la que las vejigas de conformado 34 son deformadas o aplastadas por el mandril 10 y la carga de material compuesto 20 a medida que las vejigas de conformado 34 presionan contra ellos durante el conformado, que es asimismo la cantidad en la cual las vejigas de conformado 34 se proyectan sobre la superficie superior del mandril 10 antes del comienzo del proceso de conformado, puede ser variada a cualquier distancia adecuada. Una distancia de interferencia de la vejiga preferida es 4,5 mm (0,375 pulgadas).

El molde de compresión tiene asimismo placas de presión 38 que contribuyen a mantener la carga de material compuesto 20 contra los soportes de carga 40 cuando la carga de material compuesto 20 cuelga del mandril 10. Durante el conformado, el molde de compresión 30 es desplazado hacia abajo sobre el mandril 10 junto con las vejigas de conformado 34, las placas de presión 38, los soportes de carga 40 y las placas calefactoras 42, conformando la carga de material compuesto 20 a la forma del mandril 10. Durante el conformado, las placas calefactoras 42 son activadas, ablandando así la carga de material compuesto. Cualquier placa calefactora adecuada puede ser utilizada. En un modo de realización de la invención, la placa calefactora tiene un tope no metálico en el borde que se apoya contra el mandril 10.

La máquina 5 funciona como sigue. La carga de material compuesto 20 es fabricada de un modo aceptable, tal como manualmente o mediante un proceso automatizado tal como un laminador de cinta plana o una máquina de tendido de cintas contorneadas. La carga 20 se transfiere a continuación al mandril 10 y se sitúa sobre el mandril 10. El molde de compresión 30 se hace descender hasta la proximidad de la carga de material compuesto. Los soportes de carga 40 con las placas calefactoras 42 se sitúan contra el mandril 10 inmediatamente por debajo de molde de compresión 30 y bajo las porciones colgantes de la carga de material compuesto 20. La carga de material compuesto es calentada hasta la temperatura deseada solamente en el área de reborde que va a ser conformada. Una vez que la carga de laminado 20 está caliente, la placa de presión 38 es inflada y el molde de compresión 30 se hace descender sobre el mandril. Los soportes 40 de la carga de material compuesto se hacen descender simultáneamente con el molde de compresión 30, manteniendo cualquier porción colgante sin formar de la carga de material compuesto 20 sustancialmente paralela a la superficie superior del mandril 10. Las vejigas de conformado 34 mantienen la presión sobre la carga de material compuesto, tensando así el material de la carga de material compuesto a medida que se conforma contra el mandril. A medida que se hace descender el molde de compresión 30 sobre el mandril 10, el material colgante de reborde de la carga de material compuesto 20 desliza a lo largo de la placa calefactora 42. Ventajosamente, esto contribuye igualmente a crear tensión en las chapas inferiores del laminado. Con la porción sin conformar de la carga de material compuesto mantenida de modo sustancialmente paralelo a la superficie superior del mandril 10, la carga de material compuesto es mantenida en una forma de "S". Esto contribuye a tensar las chapas internas y externas y minimizar la zona en la cual tiene lugar el deslizamiento de chapas. A medida que la carga de material compuesto es empujada hacia abajo contra los lados del mandril, el deslizamiento de las chapas sólo ocurre en la porción inferior de la curva en "S", en donde la carga de material compuesto está siendo comprimida contra los lados del mandril 10 por la vejiga de conformado 34. Una vez que la carga ha sido completamente conformada, el movimiento del molde de compresión 30 hacia abajo sobre el mandril 10 se detiene. El molde de compresión 30 es mantenido en esta posición hasta que la carga de material compuesto 20 se enfría. Los soportes de carga 40 son retirados y el molde de compresión 20 es elevado a continuación, dejando la carga de material compuesto 20 conformada sobre mandril 10. Típicamente, la carga de material compuesto 20 se cura por calor sobre mandril 10, y se mantiene en su sitio sobre mandril 10 mediante una cámara de vacío (no mostrada) durante el curado.

Así pues, el procedimiento de la presente invención conforma progresivamente la carga de material compuesto 20 sobre la herramienta de mandril 10, manteniendo las chapas de laminado en tensión, minimizando el área de cizalladura de la chapa interna, lo que permite que la carga de material compuesto se adapte a contornos de mandril tridimensionales y complejos. Se apreciará que los parámetros de conformado y las configuraciones de la máquina de conformado varían en base a los materiales de la carga de material compuesto 20, el grosor de la carga de material compuesto 20, y la forma que está siendo conformada.

Aunque el modo de realización preferido de la invención ha sido ilustrado y descrito, como se indicó anteriormente, se pueden realizar muchos cambios sin alejarse del ámbito de la invención. Por consiguiente, el ámbito de la invención no se limita a la descripción del modo de realización preferido. Por el contrario, la invención debe ser determinada totalmente con referencia a las reivindicaciones que siguen.

50

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (5) para conformar materiales compuestos, aparato que comprende:
 - un mandril (10) con una primera superficie (11) y que tiene lados;
 - un molde (30);
- 5 caracterizado por:
 - el molde (30) que tiene lados que se disponen para empujar una porción colgante (23) de una carga de material compuesto (20) contra los lados del mandril; y
 - soportes de carga (40) contiguos a los lados del molde, soportes que se disponen para sostener de modo sustancialmente paralelo a la primera superficie del mandril al menos una porción de la porción colgante de la carga de material compuesto que cuelga del mandril.
- 10 2. El aparato de la reivindicación 1, que comprende además medios para mover el molde hacia el mandril.
3. El aparato de las reivindicaciones 1 o 2, en el que el molde incluye al menos un dispositivo de empuje dispuesto para empujar la carga de material compuesto contra el mandril.
- 15 4. El aparato de la reivindicación 3, en el que el dispositivo de empuje incluye al menos una primera vejiga dispuesta para empujar la carga de material compuesto contra el mandril.
5. El aparato de las reivindicaciones 3 o 4, en el que el dispositivo de empuje incluye al menos una punta.
6. El aparato de las reivindicaciones 3, 4 o 5, en el que el dispositivo de empuje incluye al menos una punta flexible, un trampolín, un tablero de cantos, una caperuza elástica, un material compresible, una almohadilla pivotante, y una almohadilla de resorte.
- 20 7. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende además al menos un dispositivo de presión de carga.
8. El aparato de la reivindicación 7, en el que el dispositivo de presión de carga incluye al menos una placa dispuesta para presionar la porción sin formar de la carga de material compuesto que cuelga del mandril.
- 25 9. El aparato de las reivindicaciones 7 u 8, en el que el dispositivo de presión de carga incluye al menos una segunda vejiga dispuesta para presionar la porción sin formar de la carga de material compuesto que cuelga del mandril.
10. El aparato de las reivindicaciones y 7, 8 o 9, en el que el dispositivo de presión de carga incluye al menos una de una punta flexible, un trampolín, un tablero de cantos, una caperuza elástica, un material compresible, una almohadilla pivotante, y una almohadilla de resorte.
- 30 11. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1-10, que comprende además al menos un calefactor dispuesto para calentar la carga de material compuesto.
12. El aparato de la reivindicación 11, en el que el calefactor incluye al menos una placa calefactora.
13. Un procedimiento para conformar materiales compuestos, procedimiento que comprende:
 - disponer una carga de material compuesto (20) que tiene una primera superficie y una primera anchura;
 - 35 – situar la carga de material compuesto a lo largo de una primera superficie (11) de un mandril (10), teniendo dicha primera superficie de un mandril una anchura de mandril que es inferior a la anchura de la carga de material compuesto, de modo tal que una porción colgante (23) cuelga de los lados del mandril;
 - empujar una porción de la carga de material compuesto contra los lados del mandril mediante un molde (30); y
 - 40 – soportar una segunda sección de las porciones colgantes de la carga de material compuesto de modo sustancialmente paralelo a la primera superficie del mandril sobre los soportes (40) contiguos al mandril, en el que se utiliza un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-12.
14. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el que se conforma la carga de material compuesto a una forma de canal en C.

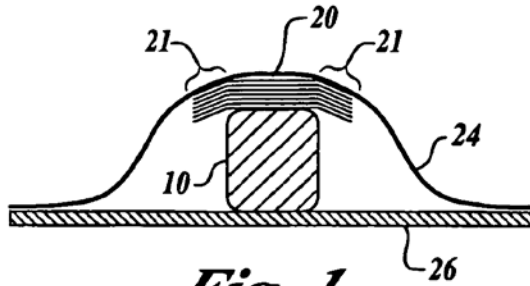


Fig. 1.

(Técnica anterior)

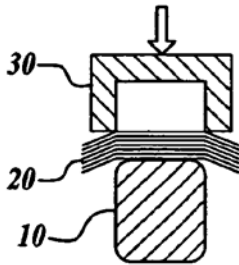


Fig. 2A.

(Técnica anterior)
anterior)

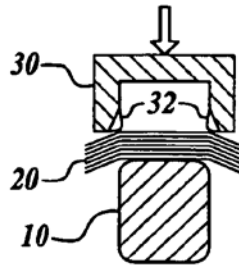


Fig. 2B.

(Técnica anterior)

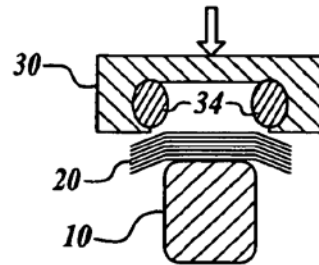


Fig. 2C.

(Técnica

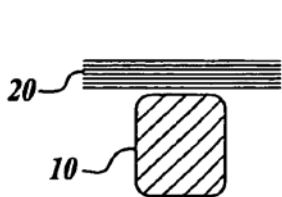


Fig. 3A.

(Técnica anterior)
anterior)

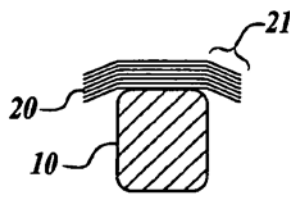


Fig. 3B.

(Técnica anterior)

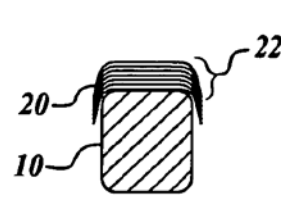


Fig. 3C.

(Técnica

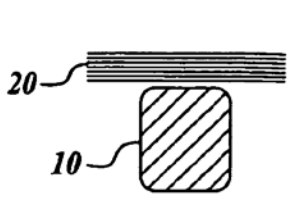


Fig. 4A.

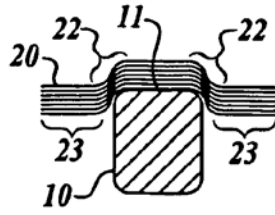


Fig. 4B.

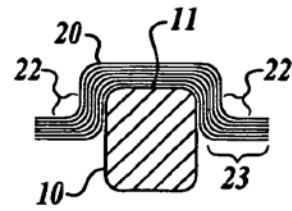


Fig. 4C.

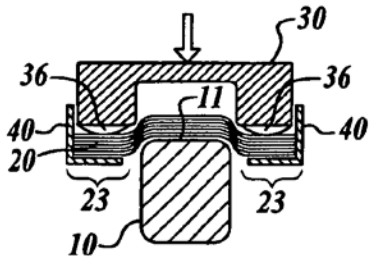


Fig. 5A.

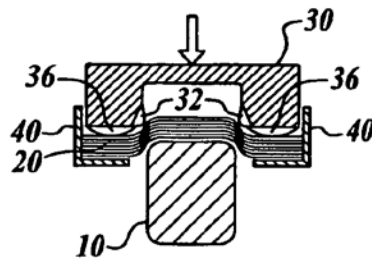


Fig. 5B.

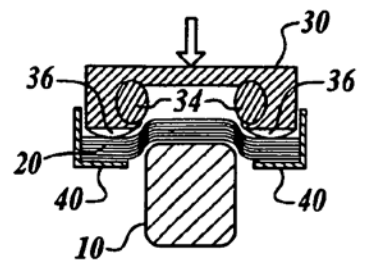


Fig. 5C.

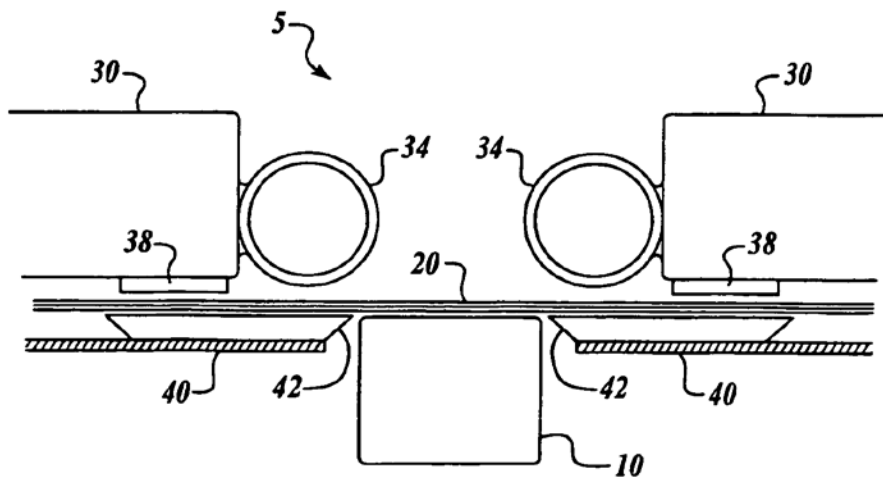


Fig. 6.