

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 390 240**

51 Int. Cl.:
B29C 70/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07870747 .8**
96 Fecha de presentación: **22.08.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2089216**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.08.2009**

54 Título: **Método para fabricar partes compuestas termoplásticas curvadas**

30 Prioridad:
20.10.2006 US 584923

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.11.2012

73 Titular/es:
THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-2016, US

72 Inventor/es:
RUBIN, ALEXANDER M.;
FOX, JAMES R. y
WILKERSON, RANDALL D.

74 Agente/Representante:
DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 390 240 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

Método para fabricar partes compuestas termoplásticas curvadas.

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Campo de la Invención

Esta invención se refiere de forma general a procesos de fabricación que utilizan materiales plásticos y, más específicamente, a un método novedoso para fabricar partes compuestas termoplásticas curvadas.

10 Descripción de la técnica relacionada
Existen numerosos procesos para la fabricación de laminados compuestos termoplásticos (TPC) de espesor constante y longitud recta. Además de los procesos no continuos tales como el prensado, estampado y conformación en autoclave, hay procesos continuos tales como la extrusión, pultrusión, laminación y moldeo por compresión. A pesar de que estos últimos procesos son capaces de producir partes en longitudes continuas, éstos carecen de la capacidad de producir partes de espesor variable que son necesarias para estructuras aeroespaciales de peso ligero y otras estructuras en las cuales el peso es de particular importancia. Más aún, los procesos mencionados anteriormente no son capaces de producir partes que tienen una curvatura a lo largo de su longitud.

20 El documento US 4 151 031 describe un método para conformar y unir materiales en forma de láminas de plástico reforzado, en el cual el material es calentado, conformado, unido, consolidado y enfriado en un proceso continuo.

25 De este modo, existe una necesidad de proporcionar un nuevo método que sea capaz de fabricar laminados de TPC curvos con espesores determinados a medida en un proceso continuo. Preferentemente, un método como tal debería ser un método de bajo coste y beneficiarse de los equipos automáticos, cuando sea posible.

BREVE SUMARIO DE LA INVENCIÓN

30 La invención proporciona un método innovador para fabricar laminados compuestos termoplásticos curvos con espesores determinados a medida y variables en un proceso continuo. Este proceso innovador utiliza equipos automáticos o colocación de capas manual para ordenar las partes o componentes en una pila multicapa. Cada pila contiene todas las capas, incluyendo áreas con acumulación de capas, fijadas en la colocación correcta para mantener su orientación y colocación. El instrumental de consolidación contiene todas las características necesarias de las partes y está coordinado con las pilas de 2 capas múltiples hechas a medida para conformar un laminado compuesto integrado unitario que potencialmente tenga áreas de espesores diferentes de esas pilas de capas múltiples.

40 La parte compuesta conformada mediante el método citado anteriormente puede encontrar usos en una amplia variedad de aplicaciones incluyendo, por ejemplo, aplicaciones automotrices y aeroespaciales. Un ejemplo de una parte compuesta conformada de acuerdo con la invención es adecuada perfectamente para su uso como miembro estructural reforzado en una aeronave comercial.

45 De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un método para fabricar una parte laminada termoplástica curva que tiene espesores determinados a medida y variables. El método, según la reivindicación 1, comprende las etapas de: conformación de una pila de múltiples capas de material termoplástico reforzado con fibras que tiene un espesor no uniforme; corte de una pieza en bruto curva a partir de la pila; alimentación de la pieza en bruto curva en un trayecto curvo a través de una estructura de preformación para producir una parte preformada; alimentación de la parte preformada en un trayecto curvo a través de una prensa; y prensado de la parte preformada para compactar las capas. Las capas de la pila son fijadas entre sí mediante la fusión local de la resina termoplástica de forma tal que las capas son mantenidas en una relación fija unas a otras. Puede cortarse una pluralidad de piezas en bruto de cada pila de material. Cada una de las piezas en bruto es alimentada a través de una estructura de preformación en la cual se preforman ciertas características de la parte antes de que se compacten las capas del laminado. Las características del espesor determinado a medida y variable de la parte son conformadas utilizando herramientas curvas que se sitúan sobre la parte preformada y se alimentan junto con la parte en la prensa. El prensado de la herramienta curva contra la parte preformada dentro de la prensa imparte las características superficiales de la herramienta en la parte a medida que se compactan las capas.

50 Otro método para fabricar una parte laminada termoplástica curva que tiene un espesor hecho a medida y variable en un proceso continuo comprende las etapas de: alimentación de una pieza en bruto laminada termoplástica multicapa en un trayecto curvo a través de una estructura de preformación para producir una parte preformada curva; alimentación de la parte preformada curva en un trayecto curvo a través de una prensa; y prensado de la parte preformada para compactar las capas e impartir a la parte las características que definen el espesor hecho a medida y variable. El método puede comprender además las etapas de conformación de una pila multicapa de material termoplástico que tiene un espesor no uniforme, y el corte de la pieza en bruto a partir de la pila multicapa. Las capas de la pila son fijadas entre sí para mantener las capas en una relación fija unas a otras cuando la pieza en bruto es alimentada a través de la estructura de preformación. La parte preformada curva es calentada hasta el punto

de fusión de la matriz de resina termoplástica y, entonces, es movida a través de la prensa en pasos incrementales de forma tal que la prensa compacta una sección de la parte después de cada paso incremental.

5 Otro método para fabricar una parte laminada termoplástica curva que tiene características de espesor hecho a medida y variable comprende las etapas de: conformación de una pieza en bruto laminada termoplástica multicapa curva; producción de una parte preformada curva mediante la deformación de porciones de la pieza en bruto; puesta en contacto de una herramienta curva con la parte preformada curva; alimentación de la parte preformada curva junto con la herramienta curva en un trayecto curvo a través de la prensa de compactación; y prensado de la herramienta curva y de la parte preformada curva juntas para compactar las capas de laminado y conformar el espesor hecho a medida y variable. El método puede comprender además las etapas de conformación de una pila multicapa de material termoplástico que tiene un espesor no uniforme; y corte de la pieza en bruto curva a partir de la pila de material. Puede utilizarse un soldador o un elemento similar para fijar las capas entre sí de forma tal que se mantengan las capas en una relación fija unas a otras mientras la pieza en bruto está siendo deformada en una parte preformada.

15 Otro método para fabricar una parte laminada termoplástica en un proceso continuo comprende las etapas de: (A) alimentación de una pieza en bruto laminada termoplástica multicapa en un trayecto curvo a través de una estructura de preformación para producir una parte preformada curva;

20 (B) alimentación de la parte preformada curva en un trayecto curvo a través de una prensa; y (C) prensado de la parte preformada para compactar las capas e impartir características a la parte.

25 El método puede comprender además las etapas de: (D) conformación de una pila multicapa de material termoplástico que tiene un espesor no uniforme; y (E) corte de la pieza en bruto curva a partir de la pila formada en la etapa (D).

Además, la etapa (D) puede incluir la etapa de fijación entre sí de las capas en la pila para formar una pila de capas fijas en la cual se mantienen las capas en una relación fija unas a otras.

30 Asimismo, el método puede incluir la fijación llevada a cabo fundiendo porciones opuestas de capas en la pila.

La etapa (A) puede incluir la deformación de por lo menos algunas partes de la pieza en bruto mientras la pieza en bruto se está moviendo a través del trayecto curvo.

35 El método puede comprender las etapas de: (D) colocación del herramental contra la pieza en bruto; y (E) alimentación del herramental junto con la pieza en bruto curva en el trayecto curvo a través de la estructura de preformación.

40 El método puede comprender las etapas de: (F) alimentación del herramental junto con la parte preformada en el trayecto curvo a través de la prensa.

45 La pieza en bruto laminada termoplástica puede incluir un componente de matriz de resina que tiene una temperatura de fusión libre, y el método puede comprender además la etapa de: (D) calentamiento de la parte preformada hasta por lo menos la temperatura de fusión libre del componente de matriz de resina de la pieza en bruto laminada termoplástica antes de que se lleve a cabo la etapa (E).

La etapa (C) puede incluir: puesta en contacto de una herramienta curva con la parte preformada; y prensado de la herramienta curva contra la parte preformada para impartir las características sobre la parte preformada.

50 Además, la etapa (B) puede incluir el movimiento de la parte preformada en el trayecto curvo a través de la prensa en pasos incrementales, y puede llevarse a cabo la etapa (C) cada vez que la parte preformada es movida a través de uno de los pasos.

55 Otro método para fabricar una parte laminada plástica comprende las etapas de: (A) conformación de una pieza en bruto laminada termoplástica multicapa curva; (B) producción de una parte preformada curva mediante la deformación de porciones de la pieza en bruto; (C) puesta en contacto de una herramienta curva con la parte preformada curva; (D) alimentación de la parte preformada curva junto con la herramienta curva en un trayecto curvo a través de una prensa; y (E) prensado de la herramienta curva y de la parte preformada curva juntas para compactar las capas de laminado.

60 El método puede comprender además las etapas de: (F) conformación de una pila multicapa de material termoplástico que tiene un espesor no uniforme; y (G) corte de la pieza en bruto curva a partir de la pila de material conformada en la etapa (F).

65 La etapa (F) puede incluir la fijación entre sí de las capas en la pila para formar una pila de capas fijas en la cual se mantienen las capas en una relación fijas unas a otras.

Más aún, puede llevarse a cabo la etapa (B) mediante el paso de la pieza en bruto curva por un trayecto curvo a través de una estructura de preformación.

5 La pieza en bruto laminada termoplástica puede incluir un componente de matriz de resina que tiene una temperatura de fusión libre, y el método comprende además la etapa de: (F) calentamiento de la parte preformada hasta por lo menos la temperatura de fusión libre de un componente de matriz de resina de la pieza en bruto laminada termoplástica antes de que se lleve a cabo la etapa (E).

10 La etapa (D) puede incluir el movimiento de la parte preformada en el trayecto curvo a través de la prensa en pasos incrementales, y puede llevarse a cabo la etapa (E) cada vez que la parte preformada sea movida a través de uno de los pasos.

15 Otras características, beneficios y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción de la invención, cuando se examina en concordancia con los dibujos adjuntos y las reivindicaciones dependientes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS DIFERENTES VISTAS DE LOS DIBUJOS

20 La Figura 1 es una vista en despiece ordenado y una vista en perspectiva de un laminado compuesto termoplástico.

La Figura 2 es una vista en perspectiva de una mesa transportadora utilizada para conformar una pila multicapa hecha a medida.

La Figura 3 es una vista en perspectiva de un ejemplo de una pila multicapa hecha a medida conformada en la Figura 2.

25 La Figura 4 es una vista de una zona de preformación y de una zona de consolidación de una estructura de consolidación utilizada para conformar el laminado compuesto termoplástico de la Figura 1.

La Figura 5 es una vista en perspectiva de la zona de preformación de la estructura de consolidación de la Figura 4.

La Figura 6 es un diagrama de flujo lógico que describe el método preferido para la conformación del laminado compuesto termoplástico de la Figura 1 de acuerdo con las Figuras 2 – 5.

30 Las Figuras 7A – 7F son vistas en perspectiva que representan ejemplos de partes laminadas compuestas termoplásticas curvas conformadas de acuerdo con el método de la invención.

La Figura 8 es una vista en perspectiva de una pila multicapa hecha a medida de material compuesto termoplástico, con tres piezas en bruto de partes curvas cortadas a partir de la pila.

35 La Figura 9 es una vista en perspectiva del herramental utilizado para conformar las partes compuestas termoplásticas curvas de acuerdo con el método de la invención.

La Figura 10 es una vista en perspectiva de una herramienta curva utilizada para impartir características a la parte compuesta termoplástica curvada.

La Figura 11 es una vista desde debajo de la herramienta mostrada en la Figura 10.

40 La Figura 12 es una vista en corte transversal fragmentaria que muestra una porción de una parte compuesta curva capturada entre dos porciones de una herramienta.

La Figura 13 es una vista en corte transversal, en despiece ordenado de una viga de sección en I compuesta termoplástica, mostrada en relación de operación con el herramental y los moldes de la prensa utilizados para compactar las capas de laminado.

45 La Figura 14 es una vista en perspectiva de una estructura de preformación y de una porción de una prensa de compactación utilizada en el método para producir partes compuestas curvas.

La Figura 15 es una vista similar a la Figura 14 pero que muestra el lado opuesto de la estructura de preformación y de la prensa.

La Figura 16 es una vista en corte a través de la prensa, que muestra los moldes que comprimen la parte preformada utilizando el herramental de consolidación.

50 La Figura 17 es una vista fragmentaria de una sección de la prensa, que muestra un molde curvo con respecto a las mangas de mecanizado para producir una parte que tiene una curvatura constante.

La Figura 18 es una vista similar a la Figura 17 pero que muestra mangas de mecanizado para producir una parte que tiene una curvatura no uniforme.

55 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La invención proporciona un método de fabricación novedoso para la conformación de material laminado compuesto termoplástico (“TPC”) con un espesor hecho a medida y variable en un proceso continuo. La invención encuentra usos aplicables en una amplia variedad de aplicaciones potenciales, que incluyen, por ejemplo, la industria aeroespacial. El método preferido de la invención es perfectamente adecuada para la conformación de miembros reforzados compuestos termoplásticos en el armazón de soporte de un fuselaje de aeronave. Ejemplos potenciales de miembros reforzados compuestos termoplásticos incluyen, pero no están limitados a, la piel del fuselaje, la piel de las alas, las superficies de control, los paneles de puertas y los paneles de acceso. Los miembros de refuerzo incluyen, pero no están limitados a, vigas de quilla, vigas del suelo y vigas de cubierta. Sólo con fines ilustrativos, la invención se describirá inicialmente con referencia a la conformación de una viga de suelo 20 compuesta termoplástica para utilización en un fuselaje de aeronave comercial. Sin embargo, aunque se muestra una sección

en I, también se describirán más adelante otras geometrías de miembros reforzados tales como sección en Z, sección en U, sección en T, etc., incluyendo aquellas que tienen una curvatura a lo largo de su longitud.

5 Con referencia ahora a la Figura 1, se ilustra un laminado compuesto termoplástico, aquí una viga de suelo 20 laminada compuesta termoplástica que tiene regiones t1 y t2 de espesor hecho a medida y variable, que tiene una región de alma 22 acoplada en ambos extremos a un respectivo par de regiones de ala 24. La región del alma 22 y el par de regiones de ala 24 están formados como una estructura laminada unitaria integrada mediante la consolidación de un par de pilas 76 de capas de láminas multicapa fijadas entre sí de espesor no uniforme con un par de puntos de relleno 26 de compuesto termoplástico y además con un par de pilas 74 de capas de láminas multicapa fijadas entre sí de espesor uniforme. Aunque se muestra la pila de láminas 76 comprendiendo 2 capas, debe entenderse que cualquiera de las pilas de láminas 74 y 76 puede incluir cualquier número de capas, dependiendo de la aplicación. También deberá entenderse que las regiones de ala 24, que se muestran en la Figura 1 teniendo un espesor uniforme y una capa, de forma similar pueden estar provistas de regiones de espesores variables y / o una pluralidad de capas.

15 En versiones alternativas (no mostradas), puede conformarse alternativamente un laminado compuesto termoplástico tal como la viga de suelo 20 mediante la consolidación de una o más láminas fijadas de capa multicapa 74, 76 uniformes o no uniformes con, o bien, una o más capas individuales (mostradas con 32 en las Figuras 2 y 3) de un material 30 compuesto termoplástico, o una o más capas parciales (mostradas con 34 en la Figura 3) de un material 30 termoplástico, o bien, una o más pilas 74, 76 de múltiples capas fijas de espesor uniforme o no uniforme, y cualquier combinación de las mismas, en un método similar al descrito en este documento. Además, pueden utilizarse uno o más puntos de relleno 26 en combinación con las mismas para formar otras versiones alternativas del laminado 20 compuesto termoplástico. El método para conformar la viga de suelo 20 compuesta termoplástica como la mostrada en la Figura 1 se describe más abajo, con mayor detalle, en conjunción con las Figuras 2 – 6.

25 Los materiales termoplásticos 30 utilizados en las capas 32, 34 incluyen matrices de polímeros termoplásticos (mostradas con 40 en la Figura 3) tales como poliéter éter – cetona (“PEEK”), poliéter cetona – cetona (“PEKK”), polifenilsulfona (“PPS”), polieterimida (“PEI”) preferentemente reforzados con un componente fibroso (mostrado con 38 en la Figura 3) tal como vidrio (tipo S o tipo E) o fibra de carbono. Las fibras 38 en el interior de cada capa 32, 34 de los materiales termoplásticos 30 pueden estar orientadas en una disposición unidireccional o no uniforme, dependiendo de la aplicación particular. Como cualquier persona de experiencia normal reconoce, los tipos, espesores, cantidades de fibras 38 relativos dentro de la matriz de resina 40, así como el tipo de resina de la matriz utilizada en cada capa 32, 34 pueden variar en gran medida, basado en numerosos factores, incluyendo el costo y las propiedades físicas y mecánicas finales deseadas para el laminado compuesto termoplástico 20. Además, la orientación relativa de las fibras unidireccionales en una capa 32, 34 con respecto a otra capa 32, 34 puede afectar también a las propiedades mecánicas del laminado compuesto termoplástico 20.

40 Los puntos 26 son preferentemente formados a partir de un material termoplástico 37 que es compatible con el material termoplástico 30 mediante extrusión u otro proceso de formación conocido. Preferentemente, la composición de la matriz de resina 42 de los puntos 26 es la misma que la composición de la matriz de resina 40 de los materiales 30. Además, los puntos 26 de relleno pueden utilizar fibras 44 similares a las fibras 38 contenidas en el interior del material termoplástico 30.

45 Con referencia ahora al diagrama de flujo lógico (Figura 6) y los diagramas de proceso (Figuras 2 – 5), el método para conformar la viga de suelo 20 laminada TPC de la Figura 1 comienza en la Etapa 150 proporcionando capas preformadas 32, 34 de materiales termoplásticos 36 y puntos de relleno 26 preformados, cada uno retenidos sobre tambores 46 u otros dispositivos de retención.

50 A continuación, en la Etapa 160, se apilan múltiples capas 32, 34 de material termoplástico 36 en una configuración deseada para formar una pila de láminas de capa multicapa 58 o 60 no fijadas, ya sea de espesor no uniforme o de espesor no uniforme, utilizando una colocación de capas manual, o un proceso automático.

55 En el proceso automático, como se muestra en la Figura 2, se desenrolla una pluralidad de capas 32 o 34 (Figura 3) de material termoplástico 30 procedentes de tambores 46 sobre una mesa transportadora 48 para formar una pila de capas multicapa 58 o 60 ordenada de espesor no uniforme o de espesor uniforme. Los tambores 46 pueden estar situados en un extremo 50, o a lo largo de los costados 52, 54 de la mesa transportadora 48 para colocar las respectivas capas 32, 34 en una orientación particular con respecto a otra capa adyacente 32, 34. De este modo, por ejemplo, una capa inferior de una capa completa 32 puede ser colocada con sus fibras unidireccionales 38 extendiéndose en una dirección, mientras que la respectiva capa superior completa 32 próxima puede tener sus fibras unidireccionales 38 colocadas en otra dirección (por ejemplo, a 45° o 90° con respecto a la capa subyacente 32). Un proyector de rayos láser 56 ubicado por encima de la mesa transportadora 48 asegura la colocación apropiada de las capas locales o parciales 34 y / o los huecos 36 con respecto a las capas completas 32.

65 En la Figura 3 se muestra un ejemplo de una pila de láminas multicapa 58 de espesor no uniforme, no fijada, realizada según el proceso de la Figura 2, la cual muestra diversas capas completas y parciales 32, 34 y además muestra los huecos 36 creados entre las capas 32, 34. Más aún, la Figura 3 muestra capas parciales 62, 64 que

5 tienen fibras unidireccionales 38 colocadas en una orientación relativa a 90° unas con respecto a otras, mostrando aquí una capa parcial 62 colocada en una primera orientación (extendiéndose las fibras 38 desde el frente 66 hacia la parte de atrás 68), mientras que la capa parcial 64 está colocada en una orientación diferente (extendiéndose las fibras 38 desde el costado 70 hacia el costado 72). Por supuesto, aunque no se muestran, las capas pueden tener fibras 38 en otras orientaciones relativas unas a otras, variando desde perpendicular unas a otras (es decir, una disposición 0° / 90°) hasta paralelas unas a otras (es decir, una disposición 0° / 0°) y cualquier ángulo concebible entre ambas (incluyendo, por ejemplo, una orientación 0° / 30°, una orientación 0° / 60°, 0°, 45°, 90°, etc.).

10 A continuación, en la Etapa 170, algunas o todas las diversas capas 32, 34 de las pilas no fijadas 58, 60 formadas en la Figura 2 pueden ser fijadas entre sí en diversas ubicaciones predeterminadas para formar una pila 74, 76 de láminas de capas multicapa fijadas, ya sea de espesor uniforme o no uniforme. Preferentemente, las pilas 58, 60 son fijadas entre sí utilizando un soldador o un soldador ultrasónico (no mostrado) para formar la respectiva pila 74, 76, aunque también se contemplan específicamente otros dispositivos utilizados para acoplar entre sí las diversas capas 32, 34 de material termoplástico conocidos por aquellas personas con experiencia normal. La cantidad y ubicación de las fijaciones entre las capas 32, 34 depende de numerosos factores, incluyendo, pero no limitados a, el número y ubicación de las diversas capas 32, 34 y huecos 64. Más aún, la cantidad de fijaciones debería ser suficiente para formar una pila de capas fijas 74, 76 sustancialmente integrada, que puede ser transportada como una parte unitaria.

20 En la Etapa 175, las pilas de capas fijas 74, 76 puede entonces ser cortadas en piezas pequeñas, o están listas para usarse en la conformación de los laminados compuestos termoplásticos tales como las vigas de suelo 20 de la Figura 1.

25 A continuación, en la Etapa 180, se fusionan entre sí una combinación de por lo menos una pila de capas fijas 74, 76 de espesor uniforme o no uniforme, y por lo menos una de, o bien una pila de capas fijas 76 de espesor no uniforme, o una pila de capas fijas 74 de espesor uniforme, o una capa individual 32, y opcionalmente por lo menos un punto de relleno 26 de material termoplástico 30, 37, en una estructura de consolidación 78, para formar un laminado compuesto termoplástico integrado unitario tal como la viga de suelo 20. Una estructura de consolidación 78 preferida, diseñada específicamente para conformar la viga de suelo 20 laminada compuesta termoplástica de la Figura 1, se ilustra en las Figuras 4 y 5 descritas a continuación.

30 Con referencia ahora a las Figuras 4 y 5, la estructura de consolidación 78 puede incluir una zona de preformación 80 y una zona de consolidación 82. En la zona de preformación 80, se cargan en sus orientaciones adecuadas una combinación de por lo menos una pila de capas fijas 74, 76 de espesor uniforme o no uniforme, opcionalmente por lo menos un punto de relleno 26, y por lo menos una de, o bien una pila de capas fijas 76 de espesor no uniforme, o una pila de capas fijas 74 de espesor uniforme, o una capa individual 32 (Figuras 2 y 3), de material termoplástico, en un proceso continuo y se preforman hasta la forma deseada a una temperatura elevada para conformar la parte preformada 84. La parte preformada 84 sale entonces de la parte de preformación 80 y entra en la zona de consolidación 82, en la cual ésta se consolida hasta formar un laminado compuesto termoplástico integrado tal como la viga de suelo 20, como se describió en la Figura 1 anterior. La elevada temperatura utilizada para preformar la parte debería ser suficientemente alta para producir el ablandamiento de las pilas de capas fijadas 74, 76 o de la capa unitaria 32, de forma tal que las capas pueden ser dobladas durante el proceso de preformación. Sin embargo, la temperatura elevada debería estar por debajo de una temperatura a la cual el componente polimérico de la matriz de resina 40, 42 tiene la consistencia de un líquido viscoso.

45 Con referencia ahora a la Figura 5, la zona de preformación 80 de la estructura de consolidación 78 incluye un par de canales 86 de mecanización en forma de U, que tienen una porción central 88 separada por un espacio 90 y un par de miembros 92 de lámina de mecanizado lateral. Los miembros de lámina 92 también pueden denominarse mandriles 92. Preferentemente, los canales 86 y los miembros de lámina 92 de mecanizado lateral están formados de materiales tales como el acero inoxidable y otros de ese estilo, que son capaces de soportar ciclos repetitivos de alto calor.

50 Se introduce un primer par 94 de pilas de capas fijas 74 o 76 entre las respectivas porciones centrales 88 y en el interior del espacio 90 de los canales 86 en forma de U. Al mismo tiempo, se introducen un punto de relleno 26 opcional y, o bien la pila de capas fijas 74 o 76 adicional, o la capa 32, a lo largo de cada ala 96 del primer par 94 y en el interior del respectivo miembro 92 de mecanizado lateral. Para el propósito de la descripción, en los siguientes párrafos, con respecto a las ilustraciones de las Figuras 4 y 5, se muestra la pila de capas fijas de espesor no uniforme 76 como el primer par 94 introducido en el interior del espacio 90. Se muestra la pila de capas fijas de espesor uniforme 74 que es introducida en una posición entre la porción exterior 98 de los canales 86 en forma de U y el respectivo miembro de mecanizado lateral 92. Además, en esta descripción no se representa la capa 32. Aunque no se muestra, los canales 86 en forma de U incluyen rampas y otras características diseñadas para adaptarse a las variaciones de espesor del laminado (correspondientes a t1 y t2 en la Figura 1) del material particular (aquí, el primer par 94 de pilas de capas fijas 76 de espesor no uniforme).

65 A medida que las pilas 74, 76 y los puntos 26 se mueven a través de la zona de preformación 80 hacia la zona de consolidación 82, las alas 96 del primer par 94 de pilas de capas fijas 76 de espesor no uniforme sobre ambos lados del canal 86 en forma de U son dobladas hacia afuera bajo calor y presión alejándose una de la otra hacia las

5 respectivas porciones exteriores 98 del canal 86 en forma de U. Por lo tanto, las alas 96 se acoplan de forma plana
 10 contra el lado interior de las pilas de capas fijas 74 de espesor uniforme o no uniforme, con los puntos 26 ubicados
 entre las alas 96 y el respectivo extremo interior de las pilas de capas fijas 76 de espesor uniforme o no uniforme. El
 calor en el interior de la zona de preformación 80 es suficientemente elevado para permitir la deformación de las alas
 96 de las pilas de capas fijas 76 de espesor no uniforme, pero está por debajo de la temperatura en la cual el
 componente polimérico de la resina de la matriz 40, 42 de las respectivas pilas 74, 76 y de los puntos 26 tiene la
 consistencia de un líquido viscoso. El doblamiento de las alas 96 se inicia por presión aplicada al ala 96 mediante
 dispositivos de conformación externos tales como rodillos (no mostrados). Los miembros 92 de lámina de
 mecanizado lateral comprimen la pila de capas fijas 74 hacia adentro contra el ala 96, produciendo una presión
 adicional a aplicarse al ala 96, lo cual ayuda a doblar el ala 96. La parte preformada 84 está entonces lista para
 moverse hacia la zona de consolidación 82.

15 Como mejor se muestra en la Figura 4, la parte preformada 84 entra en una estructura de consolidación 102
 separada o conectada, en el interior de la zona de consolidación 82 sobre rodillos de guía 105. La estructura de
 consolidación 102 incluye una pluralidad de moldes de mecanización normalizados, indicados de forma general con
 104, que se corresponden individualmente con las superficies exteriores de los canales 86 en forma de U y de los
 miembros de lámina de mecanizado lateral 92. Más adelante se expondrán detalles adicionales de los moldes de
 mecanización 104 con referencia a las Figuras 13 y 16. Esta concordancia de las superficies entre los moldes
 normalizados 104 de la estructura de consolidación 102 y las superficies externas de los canales 86 y de los
 20 miembros de lámina 92 elimina la necesidad de moldes costosamente concordantes de partes específicas, así como
 elimina los tiempos de puesta en funcionamiento entre diferentes partes preformadas que tienen diferentes
 configuraciones de capas.

25 La estructura de consolidación 102 tiene una estructura pulsante 106 que mueve de forma incremental la parte
 preformada 84 hacia adelante, en el interior de la zona de consolidación 82, y hacia fuera de la zona de preformación
 80. A medida que la parte 84 se mueve hacia adelante, la parte entra primero en una zona de calentamiento 108 que
 calienta la parte hasta una temperatura que permite la fusión libre del componente polimérico de la matriz de resina
 40, 42 de las pilas 74, 76 y de los puntos 26. A continuación, la parte 84 se mueve hacia adelante hasta una zona de
 30 prensado 112, en la cual se llevan los moldes normalizados 104 hacia abajo conjunta o individualmente, hasta una
 fuerza predefinida (presión) suficiente para consolidar (es decir, permitir la fusión libre de la matriz de resina) las
 diversas capas 32, 34 de las pilas de capas fijas 74, 76 y de los puntos 26 hasta su forma y espesor deseados,
 conformando aquí la región del alma 22 y el par de regiones de ala 24 de la viga de suelo 20. Cada molde 104 está
 formado con una pluralidad de zonas de diferente temperatura con aislantes. Los moldes 104 realmente no hacen
 contacto con la parte 84, pero hacen contacto con las superficies exteriores de los canales en forma de U 86 y los
 35 miembros de lámina de mecanizado lateral 92 opuestas a la parte 84. De este modo, las respectivas superficies
 interiores de los canales 86, 92 comprimen la porción de la parte 84. La compresión puede producirse, en la cual
 todos los moldes 104 comprimen en una etapa independiente, sin embargo coordinada. Los moldes 104 se abren, y
 se avanza la parte 84 hacia el interior de la zona de consolidación 102 fuera de la zona de preformación 80.
 Entonces, los moldes se cierran de nuevo, permitiendo que una porción de la parte 84 sea comprimida bajo fuerza,
 40 en el interior de una zona de diferente temperatura. El proceso se repite para cada zona de temperatura del molde
 104 a medida que la parte 84 avanza de forma incremental a lo largo de los rodillos de guía 105 hacia la zona de
 enfriamiento 114.

45 La parte conformada y moldeada 84 entra entonces en una zona de enfriamiento 114, la cual está separada de la
 zona de prensado 112, en la cual la temperatura es llevada por debajo de la temperatura de fusión libre de la matriz
 de resina 40, 42, haciendo de este modo que la parte fundida o consolidada se endurezca hasta su forma prensada
 final 116. Entonces, la parte prensada 116 sale de la estructura de consolidación 102, en la cual los miembros de
 lámina lateral 92 son enrollados nuevamente sobre tambores 120 como desecho.

50 Aunque no se muestra, la estructura de consolidación 102 puede tener partes o dispositivos adicionales que pueden
 introducir formas o características a la forma prensada 116.

55 Una estructura de zona de consolidación 102 preferida que puede utilizarse es el denominado proceso continuo de
 moldeo por compresión ("CCM") descrito en la Publicación de Solicitud de Patente Alemana N° 4017978, publicada el
 30 de Septiembre de 1993, e incorporada en este documento como referencia. Sin embargo, se contemplan
 específicamente en la invención otros procesos de moldeo conocido por las personas con experiencia normal en la
 técnica, incluyendo, pero no limitado a, la pultrusión o laminación.

60 A continuación, en la Etapa 190, la parte comprimida 116 es recortada o procesada posteriormente de otra forma,
 hasta su forma final deseada para formar el laminado compuesto termoplástico 20. En la etapa 200, el laminado 20
 es inspeccionado visualmente, preferentemente utilizando técnicas de inspección no destructivas ultrasónicas, o
 mediante otros medios para confirmar que el laminado 20 está correctamente formado y no contiene ningún defecto
 visual o de otro tipo. Después de la inspección, en la Etapa 210, el laminado 20, tal como la viga de suelo 20
 compuesta termoplástica, puede ser instalado sobre su conjunto. En el caso de la viga de suelo 20, ésta es
 65 introducida en el interior de un fuselaje de aeronave.

Aunque el método se describe en términos de conformación de una viga de suelo 20 compuesta termoplástica que tiene esencialmente una forma de viga en I, se contemplan específicamente otras formas potenciales. Estas incluyen laminados compuestos termoplásticos que tienen una forma en L, una forma en C, una forma en T, o incluso una forma de panel plano, en los cuales las transiciones de espesor pueden producirse en cualquier sección de la parte. Estos laminados de formas alternativas, o incluso otras formas de la viga de suelo 20, se conforman mediante la consolidación de una o más láminas de capa multicapa fijadas, uniformes o no uniformes 74, 76, con, o bien, una o más capas 32 de un material compuesto termoplástico 30, o una o más capas parciales 34 de un material termoplástico 30, o una o más láminas fijadas multicapa de espesor uniforme o no uniforme 74, 76, y cualquier combinación de las mismas, con un método similar al descrito en este documento. Además, pueden utilizarse también uno o más puntos de relleno 26 para formar versiones alternativas adicionales de los laminados 20 compuestos termoplásticos. Para llevar a cabo cualquiera de esas variaciones alternativas preferidas, son necesarias modificaciones al herramental del interior de la zona de preformación 80, para adecuarse a las variaciones deseadas del espesor para el laminado TPC 20. Por ejemplo, la herramienta 86 en forma de U de la Figura 5 es específica para formar vigas en I tales como la viga de suelo 20 de la Figura 1, se utiliza una herramienta de forma alternativa 86 que tiene espacios 90 para la conformación de laminados en forma de C, laminados en forma de L o vigas planas que tienen un estrechamiento entre sus respectivas capas. De forma similar a la herramienta 86 en forma de U, esas herramientas alternativas incluyen regiones que no hacen contacto con las pilas 74, 76 que se corresponden con moldes normalizados 104 en el interior de la zona de consolidación 102.

Aunque el método es perfectamente adecuado para conformar laminados compuestos termoplásticos, también pueden conformarse compuestos laminados termoestables utilizando una zona de consolidación modificada de una única etapa. En esta versión modificada del proceso de consolidación, las zonas de calentamiento y prensado alcanzan una temperatura por encima de la temperatura de reacción o curado de la matriz de resina para formar una parte termoestable. En concordancia, el proceso de prensado simple logra una parte que tiene su forma final deseada sin etapas posteriores de prensado.

Se proporciona un método innovador para fabricar laminados compuestos termoplásticos complejos con un espesor hecho a medida y variable en un proceso continuo. Este proceso innovador utiliza equipos automáticos o colocación de capas manual para ordenar las partes o componentes en una pila multicapa. Cada pila contiene todas las capas, incluyendo áreas con acumulación de capas, fijadas en la colocación apropiada para mantener su orientación y colocación. La estructura de consolidación utiliza un método de dos etapas para conformar laminados compuestos a partir de pilas multicapa y contiene todas las características de la parte necesarias para alcanzar este resultado. El herramental, tal como la herramienta en forma de U 86 de la zona de preformación 80, es creado con una forma apropiada para lograr las variaciones deseadas en el espesor en los laminados TPC 20 conformados, y es diseñado además para corresponderse con moldes normalizados, en la zona de consolidación 82.

La parte compuesta conformada mediante el método anterior puede encontrar usos en una amplia variedad de aplicaciones incluyendo, por ejemplo, aplicaciones automotrices y aeroespaciales. Un ejemplo de una parte compuesta conformada de acuerdo con la invención es adecuada perfectamente para su uso como miembro estructural reforzado, incluyendo vigas de suelo 20 laminadas compuestas termoplásticas, en una aeronave comercial.

Con referencia ahora a las Figuras 7 – 15, se utiliza un método según la invención para fabrica partes laminadas termoplásticas que son curvas y tienen un espesor hecho a medida y / o variable a lo largo de su longitud. Pueden producirse laminados curvos en los cuales la curvatura es, o bien, constante (circular), o bien, variable a lo largo de la longitud de la parte laminada. Como en el caso de la realización descrita previamente, la parte laminada termoplástica curva puede incluir áreas hechas a medida y áreas de espesor variable, logradas agregando capas parciales o locales, o áreas que contienen huecos. “Hecho a medida” se refiere al perfil de la superficie de la parte, en la cual puede utilizarse la adición o reducción selectiva de capas en áreas específicas de la parte para lograr un perfil deseado de la superficie después de que se consolidan las capas durante el proceso de compactación. Las partes curvas producidas mediante este método, pueden utilizarse en una variedad de aplicaciones tales como marcos, anillos, moldes y miembros reforzados estructurales de aeronaves o pieles de fuselaje, pieles de alas, paneles de puertas y paneles de acceso, vigas de quilla, vigas de suelo y vigas de cubierta. Las partes curvas pueden producirse con una variedad de secciones transversales, tales como las mostradas en las Figuras 7A a 7F. En la Figura 7A se muestra una parte 212 fabricada con una sección en I, mientras que en la Figura 7B se muestra una parte 214 con una sección en U. En la Figura 7C se muestra una parte 216 con una sección en L, y en la Figura 7D se muestra una parte con una sección en T. En la Figura 7E se muestra una parte 220 con una sección en Z, y en la Figura 7F se muestra una parte 222 con una sección rectangular simple. Las partes mostradas en las Figuras 7A – 7F pueden tener una curvatura constante o variable como se mencionó anteriormente, y pueden incluir áreas de espesor variable o hecho a medida en uno o más puntos a lo largo de sus longitudes.

Las etapas preliminares en la fabricación de partes laminadas termoplásticas curvas de acuerdo con la invención son similares a las descritas anteriormente. Se deposita una pluralidad de capas de material termoplástico sobre una tabla transportadora para formar una pila ordenada multicapa de espesor no uniforme o de espesor uniforme, como se describió anteriormente en relación con la Figura 2. De este modo, la pila multicapa resultante es similar a la pila 58 mostrada en la Figura 3, la cual incluye capas completas y parciales 32, 34, así como huecos 36 creados entre las

capas 32, 34. También pueden incluirse capas parciales 62, 64, las cuales tienen fibras 38 unidireccionales dispuestas en ángulos alternados con respecto a la dirección de orientación de las fibras. Como se describió anteriormente, las láminas de la pila multicapa 58 son fijadas entre sí utilizando un soldador u otro dispositivo de calentamiento (no mostrado) de forma tal que las capas son mantenidas en una relación fija unas a otras. En la Figura 8 se muestra una pila de capas fijas ordenadas 224 producida mediante el método descrito anteriormente.

La siguiente etapa en el método para producir las partes compuestas curvas, comprende el corte de las pilas de capas en partes individuales o piezas en bruto 226 a partir de la pila ordenada 224. Esta operación de corte puede llevarse a cabo, por ejemplo, mediante una máquina de corte por chorro de agua (no mostrada) que opera bajo control numérico, la cual produce piezas en bruto cortadas 226 que tienen un perfil exterior que se corresponde, de forma general, con la curvatura deseada de la parte. Como se indicó previamente, esta curvatura puede ser constante o puede variar a lo largo de la longitud de la pieza en bruto 226.

Las piezas en bruto 226 son alimentadas junto con un juego, descrito más adelante, de herramental de consolidación 235, hacia una estación de preformación 275 (Figuras 14 y 15) de una manera, de forma general, similar a la descrita anteriormente con respecto a la producción de partes compuestas no curvas. Sin embargo, en el caso de la presente realización, el herramental de consolidación 235 y las piezas en bruto 226 se mueven a través de un trayecto curvo a medida que éstos son alimentados en la estación de preformación 275.

En la Figura 9 se muestra el herramental de consolidación 235 y comprende mangas de mecanizado 228, 230 interior y exterior, así como mangas de mecanizado 232, 234 superior e inferior. Las mangas de mecanizado 232, 234 superior e inferior poseen, cada una, una curvatura correspondiente a la de las piezas en bruto 226, mientras que las mangas de mecanizado 228, 230 interior y exterior pueden estar curvadas de forma similar, o bien ser flexibles para adaptarse a la curvatura de la pieza en bruto 226 durante el proceso de preformación. En el ejemplo ilustrado en las Figuras 9, 14 y 15, las mangas de mecanizado 228 – 234 están configuradas para producir la parte de sección en Z 220 mostrada en la Figura 7E. Aunque no se muestra específicamente en las figuras, las superficies laterales parciales de las mangas de mecanizado 228 – 234 contienen características de mecanizado que producen características de imagen en espejo en la parte, tales como espesores variables, curvatura variable, huecos, etc.

Con referencia ahora, particularmente, a las Figuras 14 y 15, las mangas de mecanizado 232, 234 superior e inferior son montadas alrededor de la pieza en bruto 226 antes de que la pieza en bruto sea alimentada en un trayecto curvo 280 en la estación de preformación 275, que incluye una pluralidad de dispositivos de conformación 268 y un juego de guías 270. Puede verse que la pieza en bruto 226 incluye una pila de capas fijas plana 262 que comprende el alma 220a y el ala 220b (Figura 7E) de la parte 220 de sección en Z, y un juego de capas acumuladas 264 que forman un refuerzo local del alma 220a de la viga.

A medida que el conjunto emparedado que comprende la pieza en bruto 226 y las mangas de mecanizado 232, 234 es alimentado en la estación de preformación 275, las mangas de mecanizado 228, 230 interior y exterior son alimentadas en contacto con el conjunto emparedado. Los dispositivos de conformación 268 funcionan deformando las porciones de borde de una pieza en bruto 226 contra las alas 265 de las mangas de mecanizado 232, 234, preformando de este modo las alas 220b de la parte 220 de sección en Z. Simultáneamente, se alimentan unas capas 226 de refuerzo adicional de las alas entre los dispositivos de conformación 268 y las alas de mecanizado 265. Unas guías 270 ponen en contacto las mangas de mecanizado 228, 230 interior y exterior con los bordes de la pieza en bruto 226 que forman las alas 220b. La pieza en bruto 226 preformada junto con las mangas de mecanizado 235, continua su movimiento en el trayecto curvo 280 a través de una prensa curva 284 tal como una máquina CCM que contiene moldes que imponen una fuerza sobre el herramental de consolidación 235. Esta fuerza da como resultado la compactación y consolidación de las capas de la parte preformada. Aunque no se muestra específicamente en los dibujos, se proporcionan calentadores u hornos según sea necesario para calentar la pieza en bruto 226 hasta una temperatura en la cual el componente polimérico de la matriz de resina de la pieza en bruto 226 tiene la consistencia de un líquido viscoso. El calentamiento de este modo de la pieza en bruto 226 facilita la consolidación de la capa. En algunos casos, también puede requerirse el precalentamiento de la pieza en bruto 226 para facilitar el proceso de preformación. La necesidad de precalentar la pieza en bruto 226 puede depender de una serie de factores, tales como el número de capas, la orientación de la capa, el tipo de material, la forma a ser preformada, etc.

La prensa 284 es esencialmente similar a la descrita anteriormente en relación con la Figura 4. Sin embargo, a diferencia de la prensa mostrada en la Figura 4, los moldes utilizados en la prensa 284 comprenderán cierto grado de curvatura para adaptarse a la parte preformada curva 226. En la Figura 17 se muestra uno de tales moldes 286, en la cual puede verse que la superficie interior 296 del molde 286 tiene una curvatura que se corresponde con la curvatura del ala 265 sobre la manga de mecanizado superior 232. El molde 286 se mueve hacia adentro en la dirección de las flechas 288, hasta el contacto con el ala 265 durante el proceso de compactación, y en oposición a otro molde curvo (no mostrado), que se mueve hasta el contacto con la manga de mecanizado interior 228. El valor de la curvatura de los moldes utilizados en la prensa 284 dependerá, en parte, de la forma de la parte curva a ser producida y de la forma de las mangas de mecanizado necesarias para la fabricación de las características en la parte. La superficie exterior 298 del molde 286 puede ser curva como se muestra en la Figura 17, o puede ser plana. La parte preformada se mueve en el trayecto curvo 280, de forma incremental a través de la prensa 284. Cuando el movimiento de la parte es detenido en cada paso incremental, los moldes de la prensa imponen calor y fuerza sobre

las mangas de mecanizado 235, dando como resultado la consolidación de una sección de las capas que está ubicada por debajo de los moldes.

5 Como se indicó previamente, la parte laminada puede tener una curvatura variable, más que constante, a lo largo de su longitud, y en este contexto se dirige la atención hacia la Figura 18. Un molde 286 utilizado para compactar una parte 292 preformada curva tiene una superficie interior curva 296 que se acopla a la superficie exterior 300 de una manga de mecanizado 290. La superficie exterior 300 de la manga de mecanizado 290 tiene una curvatura constante, que se corresponde con la curvatura de la superficie interior 296 del molde 286, pero tiene una superficie interior 302 que está curvada con un radio diferente que el de la superficie exterior 300 de la manga de mecanizado 290, dando como resultado una parte 292 que tiene un radio exterior no constante.

10 Otro ejemplo de una parte laminada termoplástica curva 236, se muestra en las Figuras 10 y 11, en las cuales la parte tiene curvatura sobre su longitud y tiene un cuerpo 238 que tiene forma de U en sección transversal. El cuerpo 238 tiene un par de rampas inclinadas 240 que forman transiciones en el espesor del cuerpo 238, de forma tal que la parte 236 tiene 3 secciones de espesores diferentes a lo largo de su longitud. Además, el lado superior del cuerpo 238 está provisto de un hueco o depresión 242 que representa un área de espesor reducido en la parte 236. Los diferentes espesores del cuerpo 238 están representados por t_1 , t_2 , t_3 , mientras que el espesor del hueco 244 está representado por t_4 . Aunque la parte 236 posee curvaturas interior y exterior constantes, debe entenderse que la curvatura puede variar a lo largo de la longitud de la parte 236.

15 La Figura 12 muestra una porción de la parte 236 mantenida en el interior de mangas de mecanizado 246, 248 para consolidar las capas de la parte. Puede verse que las capas de la parte 236 tienen un área de acumulación de capas 252 que, efectivamente, aumenta el espesor del cuerpo 238 y da como resultado la inclinación 240. Las mangas de mecanizado incluyen un separador de liberación 246 de metal recubierto y una porción de herramienta de consolidación exterior 248 que tiene una rampa para conformar la inclinación 240. Como se ve en la Figura 12, el lado superior de la manga de mecanizado 248 es plana para poder acoplarse a un molde universal, tal como cualquiera de los moldes 256 mostrados en la Figura 13.

20 La Figura 13 muestra otro ejemplo de una parte curva 212 fabricada de acuerdo con el método de la invención. La parte 212 comprende una viga curva que tiene una sección transversal en forma de I. Puede utilizarse moldes 256 de máquinas convencionales para consolidar las partes que tienen tanto una curvatura como un espesor variable a lo largo de su longitud. En este ejemplo, las mangas de mecanizado comprenden un par de láminas o separadores 260 de metal plano y un par de mangas de mecanizado 258 que son, de forma general, en forma de U en sección transversal. Las láminas planas 260 contribuyen en la conformación de las alas de la parte 212 mientras que las mangas 258 funcionan formando porciones de las alas así como el alma de la parte 212. Las superficies de las mangas 258 que se enfrentan a la parte 212 pueden tener características de mecanizado, tales como áreas ascendentes o rampas, que imparten características de imagen en espejo sobre la parte 212. Aunque no se muestra específicamente en la Figura 13, las láminas 260 y las mangas de mecanizado 258 pueden ser curvas a lo largo de su longitud con el fin de conformar una parte 212 que también es curva.

30 Aunque la invención ha sido descrita en términos de realizaciones preferidas, se entenderá, por supuesto, que la invención no está limitada a éstas, dado que personas expertas en la técnica pueden hacer modificaciones, particularmente a la luz de las enseñanzas anteriores.

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar una parte laminada termoplástica reforzada con fibra, que comprende las etapas de:
 - 5 (A) conformación de una pila de múltiples capas de material termoplástico reforzado con fibras (224) que tiene un espesor no uniforme;
 - (B) corte de una pieza en bruto curva (226) a partir de la pila formada en la etapa (A);
 - (C) alimentación de la pieza en bruto curva (226) en un trayecto curvo (280) a través de una estructura de preformación (275) para producir una parte preformada;
 - 10 (D) alimentación de la parte preformada en un trayecto curvo a través de una prensa (284); y
 - (E) prensado de la parte preformada para compactar las capas.
2. El método de la reivindicación 1, en el cual la etapa (A) incluye la fijación entre sí de las capas en la pila para formar una pila de capas fijas en la cual las capas son mantenidas en una relación fija unas a otras.
- 15 3. El método de la reivindicación 2, en el cual la fijación es llevada a cabo fundiendo porciones opuestas de capas en la pila.
4. El método de la reivindicación 1, en el cual la etapa (C) incluye la deformación de por lo menos partes de la pieza en bruto curva (226) mientras la pieza en bruto se está moviendo a través del trayecto curvo (280).
- 20 5. El método de la reivindicación 1, que además comprende las etapas de:
 - (F) colocación del herramental (232, 234) contra la pieza en bruto; y
 - 25 (G) alimentación del herramental junto con la pieza en bruto curva en el trayecto curvo (280) a través de la estructura de preformación (275).
6. El método de la reivindicación 5, que además comprende las etapas de:
 - 30 (H) alimentación del herramental junto con la parte preformada en el trayecto curvo a través de la prensa (284).
7. El método de la reivindicación 1, en el cual el material termoplástico reforzado con fibra incluye un componente de matriz de resina que tiene una temperatura de fusión libre, y el método comprende además la etapa de:
 - 35 (F) calentamiento de la parte preformada hasta por lo menos la temperatura de fusión libre del componente de matriz de resina del material termoplástico antes de que se lleve a cabo la etapa (E).
8. El método de la reivindicación 1, en el cual la etapa (E) incluye:
 - 40 puesta en contacto de una herramienta curva con la parte preformada; y
 - prensado de la herramienta curva contra la parte preformada para impartir características de la herramienta sobre la parte preformada.
- 45 9. El método de la reivindicación 1, en el cual las etapas (B) a (E) son llevadas a cabo en un proceso continuo.
10. El método de la reivindicación 1, en el cual:
 - 50 la etapa (D) incluye el movimiento de la parte preformada en el trayecto curvo a través de la prensa en pasos incrementales, y
 - la etapa (C) se lleva a cabo cada vez que la parte preformada es movida a través de uno de los pasos.

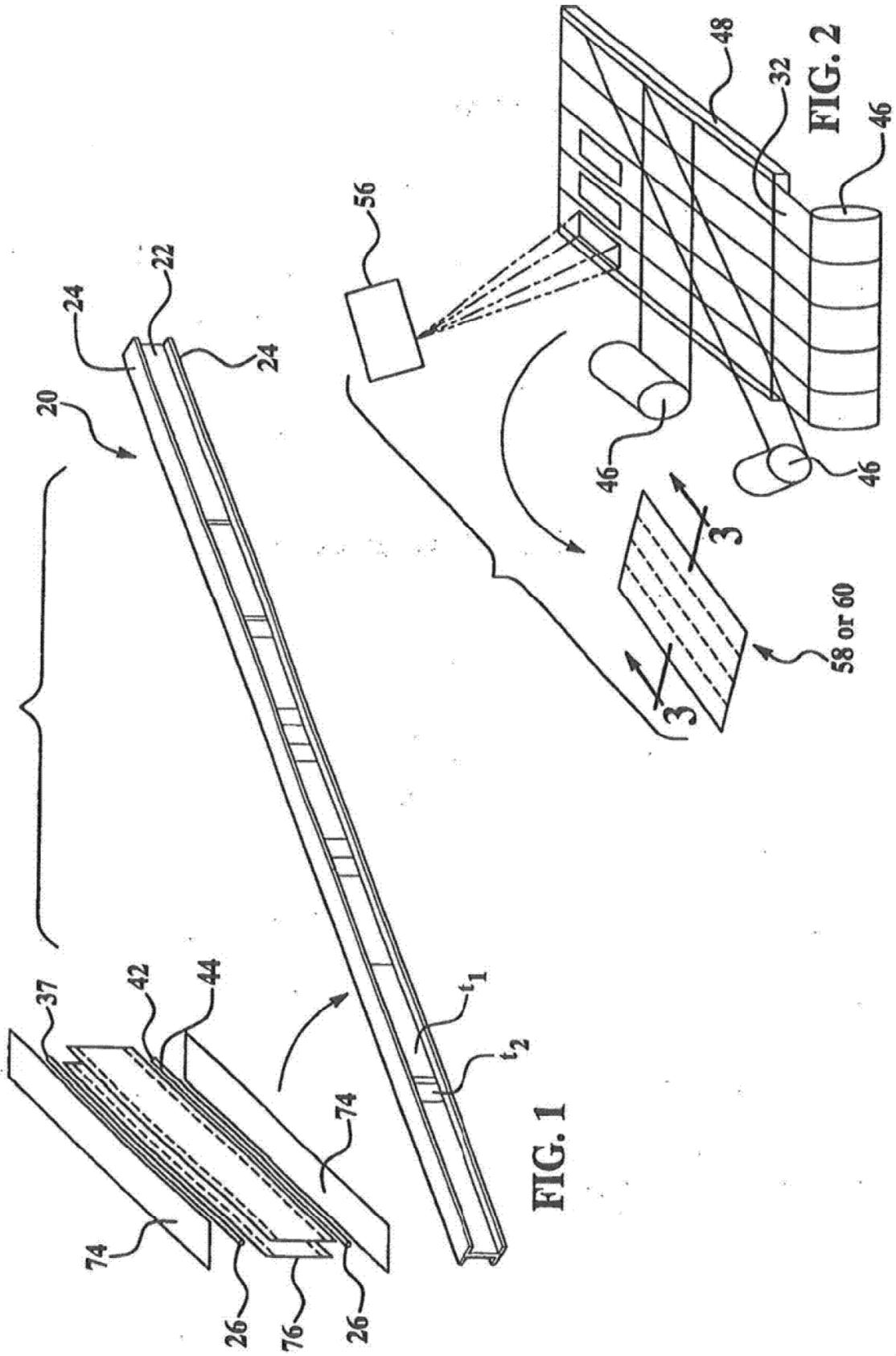
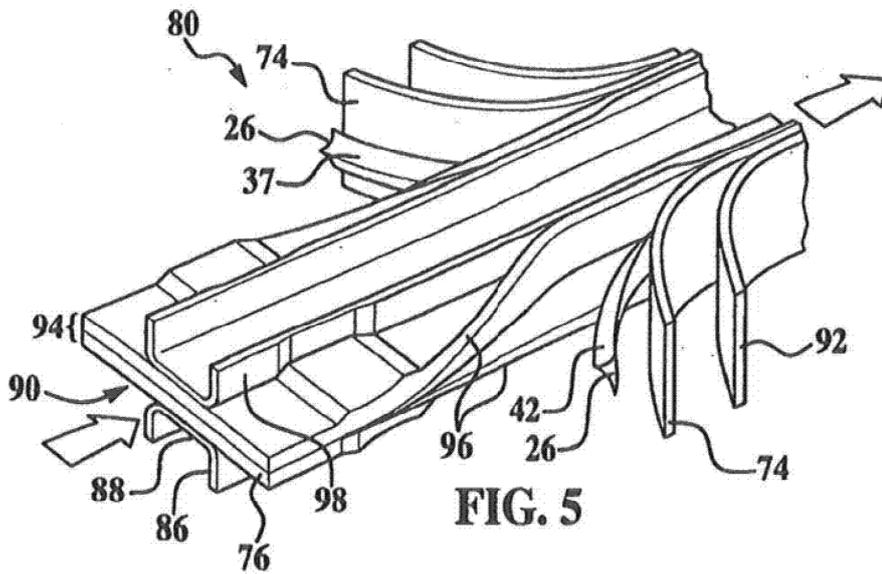
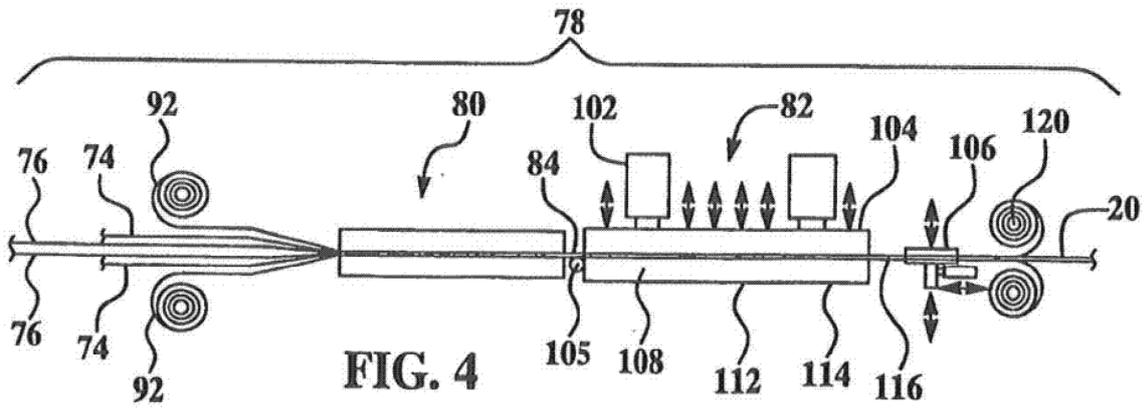
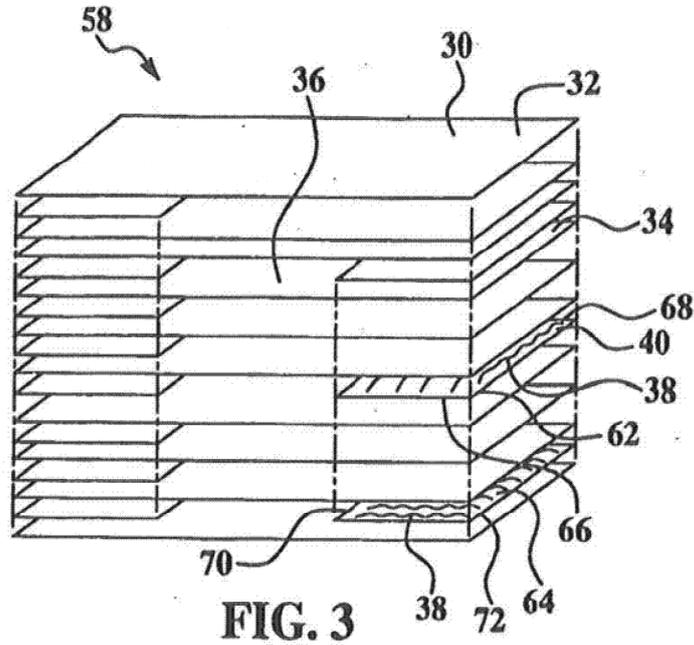


FIG. 1

FIG. 2



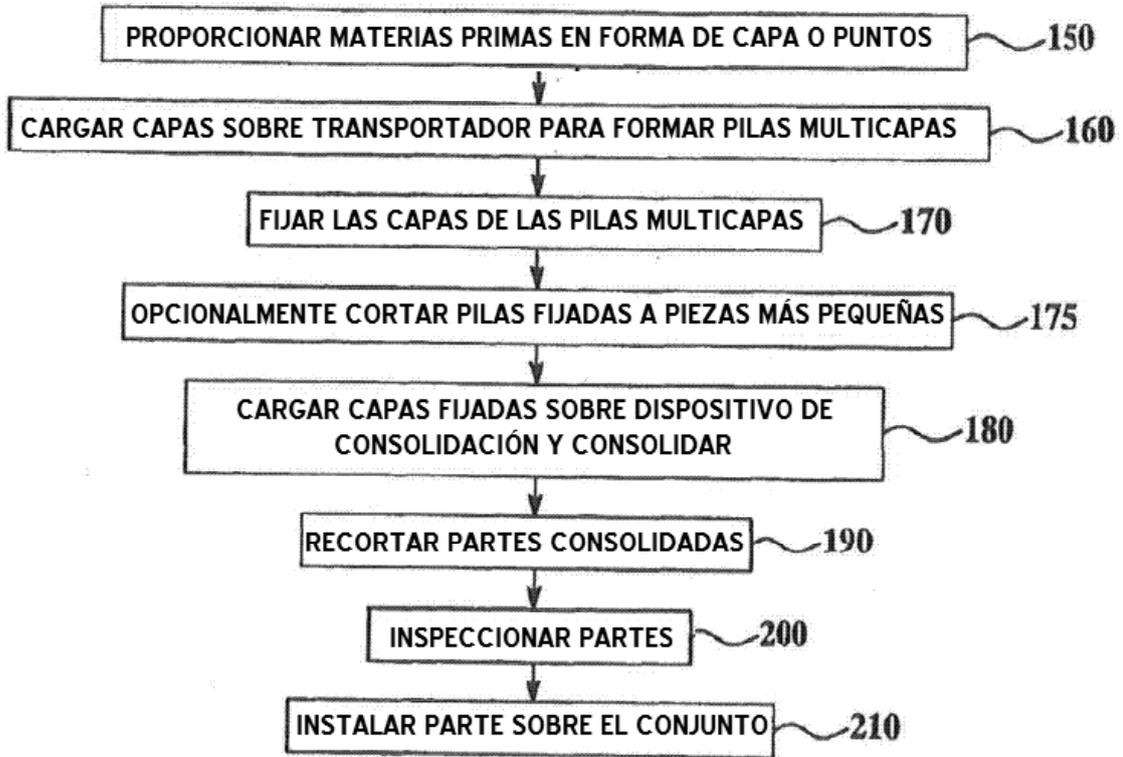


FIG. 6

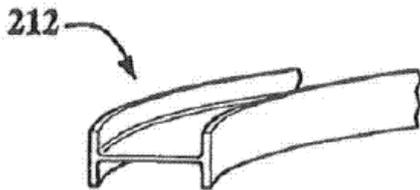


FIG. 7A



FIG. 7B



FIG. 7C

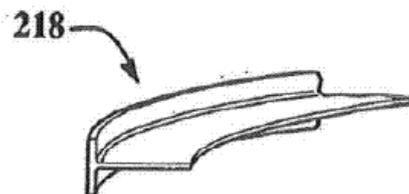


FIG. 7D

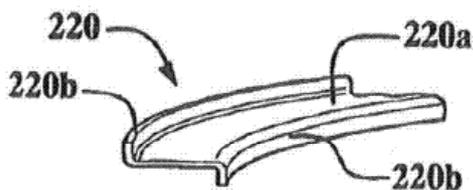
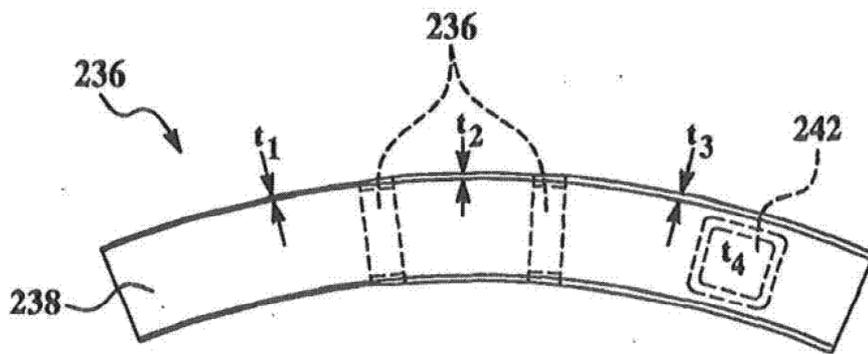
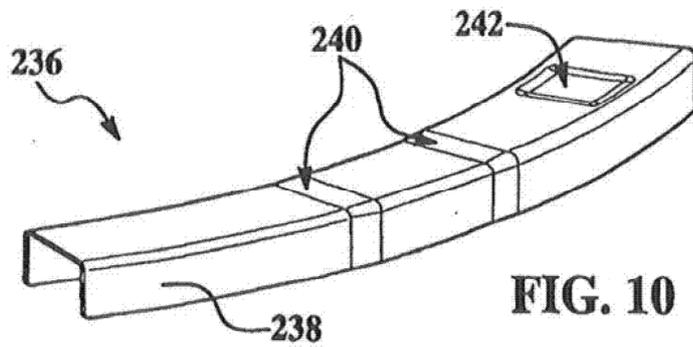
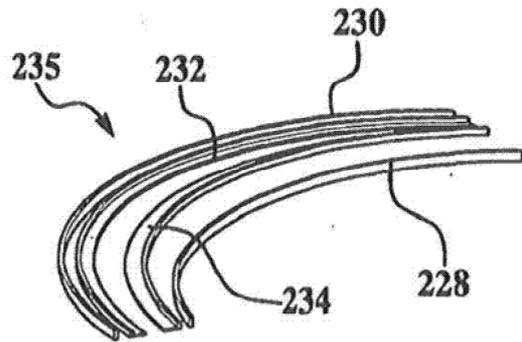
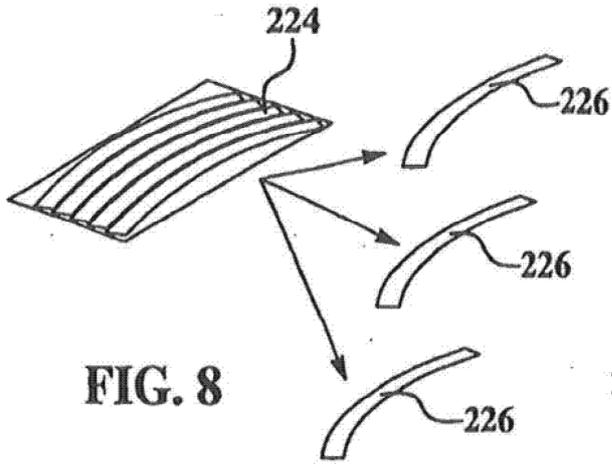


FIG. 7E



FIG. 7F



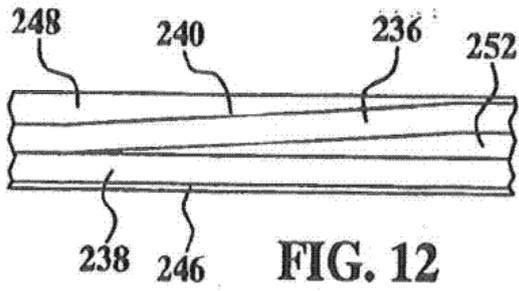


FIG. 12

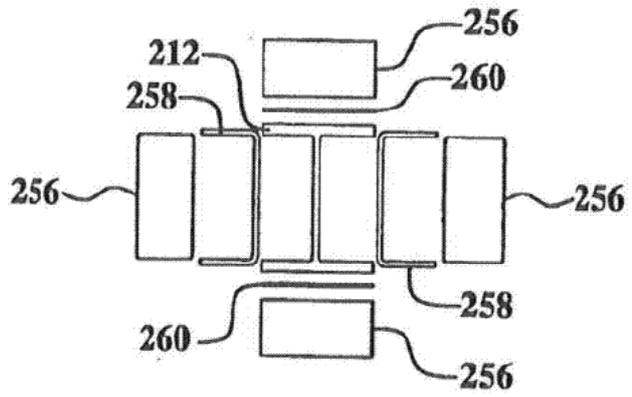


FIG. 13

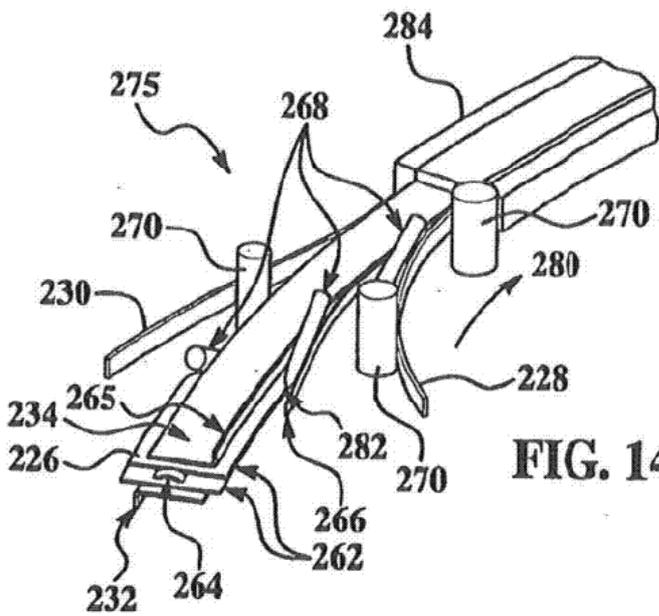


FIG. 14

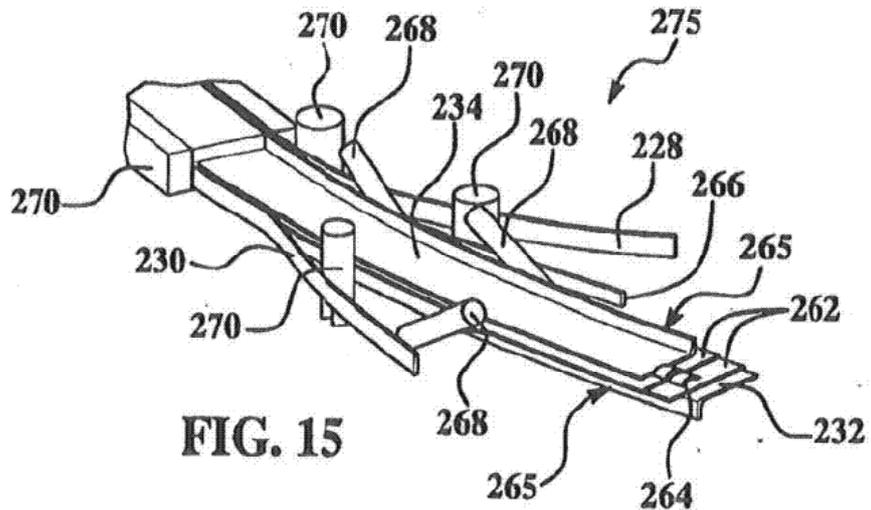


FIG. 15

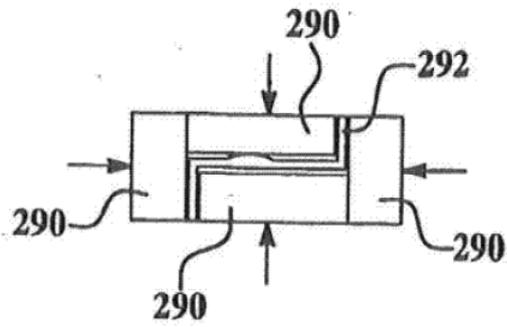


FIG. 16

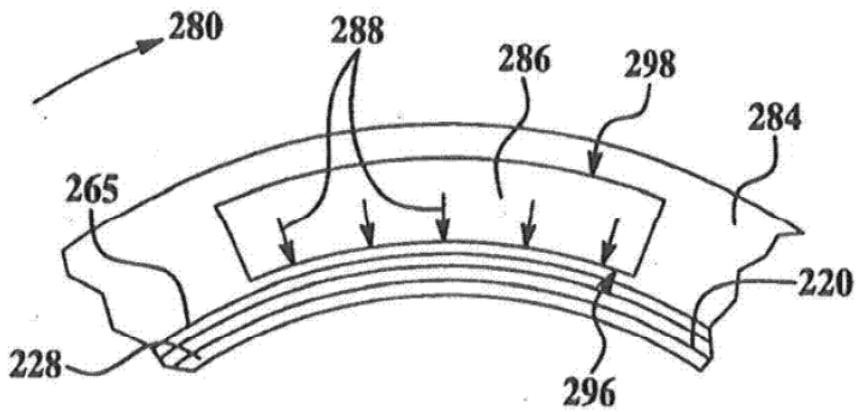


FIG. 17

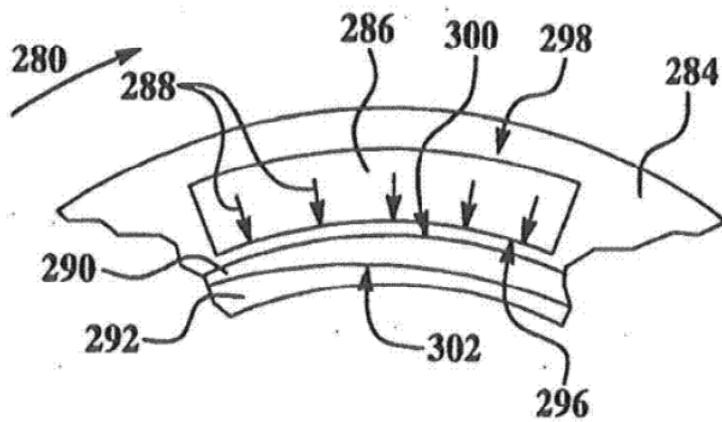


FIG. 18