

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 992 793**

51 Int. Cl.:

B29D 99/00 (2010.01)

B29C 70/44 (2006.01)

B29C 35/02 (2006.01)

B29C 65/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.05.2020 PCT/US2020/031784**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.11.2020 WO20227477**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2020 E 20728346 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2024 EP 3853014**

54 Título: **Método y sistema de fusión de estructuras compuestas termoplásticas**

30 Prioridad:

07.05.2019 US 201916404794

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.12.2024

73 Titular/es:

**SPIRIT AEROSYSTEMS, INC. (100.0%)
3801 South Oliver Street
Wichita, KS 67278, US**

72 Inventor/es:

WADSWORTH, MARK ANTHONY

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 992 793 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 y sistema de fusión de estructuras compuestas termoplásticas

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

- 5 Las realizaciones de la presente invención se refieren a métodos y sistemas para fabricar partes compuestas. Más particularmente, las realizaciones de la presente invención se refieren a métodos y sistemas para fabricar partes compuestas que utilizan herramientas colocadas en un lado de la parte y una bolsa flexible colocada en el lado opuesto de la parte.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 Las partes complejas, tal como las que se utilizan en aplicaciones aeroespaciales, suelen fabricarse a partir de materiales compuestos. Dado que muchas de estas partes incluyen características tridimensionales tal como altura, profundidad, curvatura, contornos o características que se cruzan en ángulos de hasta 90 grados, pueden requerir herramientas y/o manipulación tales como para su fabricación. Cuando las partes compuestas comprenden materiales como termoplásticos, el revestimiento puede incluir varias capas que primero se colocan y consolidan antes de colocar cualquier subestructura que pueda fijarse al revestimiento. Después de la consolidación, la subestructura puede colocarse y la combinación puede colocarse en un horno o autoclave para la aplicación de calor y la fusión de la subestructura al revestimiento. Por lo tanto, los enfoques tradicionales para construir y unir componentes de partes compuestas pueden incluir múltiples pasos dispares que utilizan diferentes herramientas, lo que da como resultado un gasto adicional y tiempo requerido para la fabricación.

- 20 El documento US2001040317 describe un método para formar un miembro compuesto reforzado con fibra que tiene al menos una proyección. Una preforma que tiene proyecciones se deposita sobre una placa de formación. Los medios de retención de forma elastoméricos, que tienen miembros unitarios separados, se colocan adyacentes a cada proyección. La preforma y los miembros unitarios se sellan en una bolsa de vacío y se calientan bajo presión.

Resumen de la invención

- Las realizaciones de la presente invención resuelven los problemas mencionados anteriormente y proporcionan un avance claro en la técnica de fabricación de partes compuestas. Más particularmente, las realizaciones de la invención proporcionan un sistema y un método para fabricar partes compuestas a partir de material compuesto que reducen la necesidad de componentes complejos y costosos y de procesos de fabricación prolongados.

- La invención se ajusta a las reivindicaciones independientes. Se exponen características adicionales seleccionadas en las reivindicaciones dependientes. Diversas realizaciones de la invención pueden proporcionar un sistema para fusionar estructuras compuestas que incluyen una parte compuesta. La parte compuesta incluye una subestructura que tiene una brida y un segmento elevado. La brida incluye una superficie de contacto. La parte compuesta también incluye un revestimiento que tiene un primer lado y un segundo lado opuesto al primer lado. El segundo lado del revestimiento tiene (A) otra superficie de contacto que está en contacto con la superficie de contacto de la brida, y (B) una porción expuesta que no está en contacto con la subestructura. El sistema también incluye una capa de aislamiento que cubre la brida opuesta a la superficie de contacto de la brida y que cubre la porción expuesta del revestimiento. El sistema incluye además una herramienta que tiene una superficie de conformación en forma de una línea de molde exterior. La superficie de conformación recibe (y puede estar en contacto directo o indirecto con) el primer lado del revestimiento. El sistema incluye además un elemento de calentamiento que suministra calor a la superficie de conformación. El sistema incluye además una bolsa de vacío que cubre la parte compuesta de tal manera que la parte compuesta está encerrada por la combinación de la bolsa de vacío y la superficie de conformación de la herramienta. La bolsa de vacío comprende un primer lado adyacente a la parte compuesta y un segundo lado opuesto al primer lado. El sistema comprende además un fluido refrigerante en contacto con el segundo lado de la bolsa de vacío, estando el fluido refrigerante a una temperatura más baja que la parte compuesta.

- Diversas realizaciones de la invención también proporcionan un método para fusionar estructuras compuestas. El método incluye colocar un revestimiento que incluye una superficie exterior y una superficie interior sobre una superficie de conformación de una herramienta configurada para mantener la superficie exterior en una forma de una línea de molde exterior. La superficie interior del revestimiento incluye una primera superficie de contacto. El método también incluye colocar una subestructura sobre la superficie interior del revestimiento. La subestructura incluye una brida y un segmento elevado. La brida tiene una segunda superficie de contacto que está en contacto con la primera superficie de contacto del revestimiento. El método incluye además aplicar al menos una capa de aislamiento sobre la brida de la subestructura y sobre porciones expuestas de la superficie interior del revestimiento que no están en contacto con la subestructura, y aplicar una bolsa de vacío para cubrir

el aislamiento, el revestimiento y la subestructura de manera que el aislamiento, el revestimiento y la subestructura estén al menos parcialmente encerrados por la combinación de la bolsa de vacío y la superficie de conformación de la herramienta. El método incluye además la aplicación de calor a la superficie de conformación para fusionar la subestructura al revestimiento de manera que el revestimiento supere su punto de fusión y al menos una porción del segmento elevado no supere su punto de fusión. El método puede incluir además la fusión a lo largo de la primera y segunda superficies de contacto.

Este resumen se proporciona para presentar una selección de conceptos en una forma simplificada que se describen con más detalle a continuación en la descripción detallada. Este resumen no pretende identificar características clave o características esenciales del tema reivindicado, ni pretende utilizarse para limitar el alcance del tema reivindicado.

Otros aspectos y ventajas de la presente invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones y las figuras de los dibujos adjuntos.

Breve descripción de las figuras de los dibujos

A continuación se describen en detalle realizaciones de la presente invención con referencia a las figuras de dibujos adjuntas, en donde:

La figura 1 es una vista en perspectiva parcial de un sistema construido según diversas realizaciones de la presente invención para fabricar una parte compuesta a partir de materiales compuestos, incluyendo el sistema un recipiente con una pared frontal parcialmente extraído para revelar una herramienta de calentamiento;

La figura 2 es una vista en perspectiva parcial del sistema de la figura 1, que ilustra la disposición de capas de revestimiento sobre la herramienta de calentamiento y que tiene las paredes frontal y laterales de la herramienta de calentamiento parcialmente extraídas para revelar elementos de calentamiento y una cámara interna;

La figura 3 es una vista en perspectiva parcial del sistema de la figura 2, que ilustra la superposición de componentes adicionales sobre una superficie de calentamiento de la herramienta de calentamiento pero excluyendo una capa de aislamiento;

La figura 3A es una vista en sección parcial del sistema de la figura 3, tomada a lo largo de la línea 3A-3A, que ilustra una ruptura térmica de las bridas de la herramienta de calentamiento;

La figura 4 es una vista lateral en sección esquematizada del sistema de la figura 3, tomada a lo largo de la línea 4-4, que ilustra componentes simplificados para resaltar los flujos de calentamiento y enfriamiento;

La figura 5 es una vista ampliada de una porción del sistema de la figura 4, que ilustra la superposición de componentes sobre la superficie de calentamiento de la herramienta de calentamiento durante el calentamiento para fusionar la subestructura a un revestimiento;

La figura 6 es una vista parcial ampliada de la porción del sistema de la figura 5, que ilustra más detalles sobre la superposición de componentes durante el calentamiento para fusionar la subestructura al revestimiento;

La figura 7 ilustra al menos una porción de los pasos de un método de ejemplo para fabricar una parte compuesta a partir de material compuesto de acuerdo con una realización de la presente invención; y

La figura 8 es una vista parcial ampliada de una realización alternativa del sistema de la figura 4, que ilustra capas de aislamiento dimensionadas para controlar el espaciado de los largueros.

Las figuras de los dibujos no limitan la presente invención a las realizaciones específicas divulgadas y descritas en este documento. Los dibujos no están necesariamente a escala, sino que se hace hincapié en ilustrar claramente los principios de la invención.

Descripción detallada de las realizaciones

La siguiente descripción detallada de la invención hace referencia a los dibujos adjuntos que ilustran realizaciones específicas en las que se puede poner en práctica la invención. Las realizaciones tienen por objeto describir aspectos de la invención con suficiente detalle para permitir que los expertos en la técnica pongan en práctica la invención. Se pueden utilizar otras realizaciones y se pueden realizar cambios sin apartarse del alcance de la presente invención como se define en las reivindicaciones adjuntas. Por lo tanto, la siguiente descripción detallada no debe tomarse en un sentido limitativo.

En la figura 1 se muestra un sistema 10 construido según diversos aspectos de la presente invención para fabricar partes compuestas complejas. El sistema 10 puede comprender en líneas generales un recipiente 12 que encierra en su mayor parte o en su totalidad una herramienta 14. La herramienta 14 incluye una superficie 16 de conformación calentada por elementos 18 de calentamiento.

La superficie 16 de conformación puede construirse para formar una línea de molde exterior - tal como la línea de molde exterior semicilíndrica de la figura 1- u otra forma característica de una parte compuesta compleja que se va a fabricar. Las partes compuestas complejas fabricadas con el sistema 10 pueden incluir características tridimensionales tal como altura, profundidad, curvatura, contornos, características que se intersecan en ángulos de hasta noventa grados inclusive, o características que incluyen un espacio entre ellas. Estas partes compuestas se utilizan a menudo en la fabricación de aeronaves, en donde diversas secciones de un avión, tal como el ala, la cola o el fuselaje, pueden incluir docenas o cientos de piezas componentes. Un ejemplo de una parte 20 compuesta que puede fabricarse dentro del sistema 10 y utilizando los métodos divulgados en este documento es una porción del revestimiento del fuselaje de una aeronave y una subestructura que se fusionará con el mismo, como se muestra en la figura 3.

La herramienta 14 generalmente soporta una porción del material compuesto utilizado para fabricar la parte 20 compuesta. La herramienta 14 puede considerarse una herramienta de laminado, una herramienta de soldadura o fusión y/o una herramienta de curado. En una realización preferida, la parte 20 compuesta comprende polímeros termoplásticos y la herramienta 14 es una herramienta de soldadura o fusión para fundir los polímeros termoplásticos. Nuevamente, la herramienta 14 típicamente soporta y está formada para ajustarse al material que definirá una línea de molde exterior (OML) de la parte 20 compuesta, que puede estar definida por un margen exterior de la parte 20 compuesta.

La herramienta 14 de ejemplo puede incluir una plataforma 26 y una base 28. La plataforma 26 puede comprender una lámina frontal o similar, y puede incluir la superficie 16 de conformación sobre la que se coloca el material compuesto y que tiene una forma complementaria a la forma de la OML de la parte 20 compuesta. La plataforma 26 reposa sobre la base 28, que soporta el peso de la plataforma 26, la parte 20 compuesta y otros componentes del sistema 10 que se analiza a continuación. La plataforma 26, incluida la superficie 16 de conformación, puede fabricarse a partir de un material que pueda resistir un proceso de curado o fusión mientras conduce calor a la parte 20 compuesta, tal como acero (por ejemplo, acero A36), laminado de poliimida o similar.

La base 28 puede estar compuesta por los mismos materiales o materiales similares a los de la plataforma 26, o puede estar compuesta por un material rígido diferente capaz de soportar la plataforma 26, la parte 20 compuesta y otros componentes del sistema 10. Preferiblemente, la herramienta 14 también incluye superficies 30 periféricas a la superficie 16 de conformación y la parte 20 compuesta (cuando está ensamblada). Las superficies 30 periféricas pueden ser sustancialmente planas y/o pueden extenderse ortogonalmente alejándose de las porciones adyacentes de la superficie 16 de conformación como se ilustra en las figuras 1-2. La superficie 30 periférica puede estar aislada térmicamente de la superficie 16 de conformación para reducir la pérdida de calor y evitar distorsiones asociadas con las diferentes temperaturas mediante la creación de una brecha y un relleno de ruptura térmica (no mostrado). En otra realización, el aislamiento térmico puede lograrse mediante la formación de una ruptura 31 térmica que incluye una región de transición adelgazada entre la superficie 16 de conformación y la superficie 30 periférica rodeada por canales semicilíndricos opuestos y desplazados lateralmente (véase figura 3A) que se extienden a lo largo de las bridas 42 para minimizar la transferencia de calor mientras se conserva la integridad del vacío. Las superficies 30 periféricas pueden configurarse para un enfriamiento relativamente rápido, por ejemplo presentando una mayor área superficial para la transferencia de calor y/o que comprende menos material aislante (como se analiza con más detalle a continuación), a través del contacto con un fluido de enfriamiento.

Volviendo a la figura 4, los elementos 18 de calentamiento generalmente proporcionan fuentes de calor para la plataforma 26 para facilitar la fusión de los componentes del material compuesto y producir una parte 20 compuesta terminada. El proceso de calentamiento también puede -simultáneamente y/o en serie- consolidar capas o láminas de componentes de la parte 20 compuesta (tal como el revestimiento, que se analiza con más detalle a continuación).

Los elementos 18 de calentamiento pueden instalarse debajo y/o integrados dentro de la plataforma 26. En la realización ilustrada, la base 28 puede definir una cámara 32 interna inmediatamente debajo de la plataforma 26, y los elementos 18 de calentamiento pueden comprender bobinas 34 calentadas fijadas adyacentes a los ventiladores 36 de distribución (véase la figura 2). Las bobinas 34 calentadas pueden operar para generar aire caliente y los ventiladores 36 de distribución pueden empujar el aire caliente a través de la cámara 32 interna para el calentamiento por convección de una superficie de abajo de la plataforma 26 y el calentamiento por conducción de la superficie 16 de conformación.

En una realización preferida, el calentamiento distribuido uniformemente de la superficie 16 de conformación se puede mejorar interponiendo un difusor 38 perforado entre los elementos 18 de calentamiento y la superficie de abajo de la plataforma 26 dentro de la cámara 32 interna. El difusor 38 perforado puede tener una forma correspondiente a la superficie de abajo de la plataforma 26 y, en la realización ilustrada, también a la superficie 16 de conformación. El difusor 38 perforado puede comprender una lámina con perforaciones espaciadas regularmente en la misma para distribuir el aire caliente de manera más uniforme sobre la superficie de abajo de la plataforma 26 y aumentar un coeficiente de transferencia de calor correspondiente de la herramienta 14.

El difusor 38 perforado puede comprender acero, aluminio u otros materiales similares conocidos por su uso en la difusión de calor.

Un experto en la técnica apreciará que se pueden utilizar diversas estructuras para calentar uniformemente la superficie 16 de conformación, incluidas, sin limitación, láminas de material con formas o constituciones diferentes, sin apartarse del alcance de la presente invención. Un experto en la técnica también apreciará que se pueden utilizar elementos de calentamiento alternativos, tal como el calentamiento eléctrico directo, el calentamiento Joule, el calentamiento por inducción, el calentamiento por aceite, el calentamiento por vapor o similares, y/o que se puede omitir una cámara interna de una herramienta, dentro del alcance de la presente invención. Además, se prevé que se puedan espaciar termopares (no mostrados) a lo largo de la superficie 16 de conformación y/o la plataforma 26 de manera más general para detectar lecturas de temperatura e informarlas a un controlador (tampoco mostrado) para aumentar o disminuir la salida del o los elementos de calentamiento para lograr la temperatura deseada durante los procesos de fusión y/o consolidación.

La base 28 también puede incluir un aislamiento 40 para minimizar la pérdida de calor que de otro modo contribuiría a calentar la superficie 16 de conformación. El aislamiento 40 puede presentar la mayoría o todas las superficies exteriores de la base 28, y puede cubrir sustancialmente las paredes 41 laterales de la base 28. Un experto en la técnica apreciará que una capa de aislamiento de la herramienta puede comprender cualquiera de una variedad de materiales aislantes, y que dicha capa de aislamiento puede omitirse, sin apartarse del alcance de la presente invención.

La herramienta 14 también puede incluir bridas 42 que presentan las superficies 30 periféricas y superficies inferiores opuestas (no se muestran). Las bridas 42 pueden, por ejemplo, tener un grosor menor o igual a 6.35 mm (0.25 pulgadas) o, más preferiblemente, pueden tener 3.175 mm (0.125 pulgadas), y pueden extenderse sustancialmente de manera ortogonal desde porciones adyacentes de la superficie 16 de conformación. Las superficies 30 periféricas preferiblemente no reciben componentes de la parte 20 compuesta durante un proceso de fusión. Además, el aislamiento 40 preferiblemente no se aplica sobre las porciones exteriores de las superficies 30 periféricas, ni sobre las superficies inferiores opuestas, de modo que la transferencia de calor desde las superficies 30 periféricas puede aumentarse (de nuevo, como se analiza con más detalle a continuación), por ejemplo, en casos en los que la herramienta 14 se enfría mediante aire circundante u otros fluidos refrigerantes. De acuerdo con realizaciones de la presente invención, las superficies 30 periféricas pueden aislarse térmicamente de la superficie 16 de conformación mediante separación (por ejemplo, cuando se mantienen en su lugar mediante un material térmicamente aislante) o mediante la creación de una ruptura 31 térmica entre la superficie 16 de conformación y la superficie 30 periférica (véase la figura 3A y la discusión anterior) minimizando así el flujo de calor y la distorsión de la forma causada por gradientes térmicos en combinación con un coeficiente de expansión térmica distinto de cero. Como se señaló anteriormente, la ruptura 31 térmica puede incluir un plano de deslizamiento o un área de flexión delgada, que puede proporcionar alivio de las tensiones causadas por la expansión diferencial de la superficie 30 periférica y la superficie 16 de conformación.

Además, el difusor 38 perforado puede curvarse desde su curvatura predominante y constante (por ejemplo, en la forma del OML) a lo largo de los extremos 44, 46 opuestos adyacentes a las bridas 42. Más particularmente, los extremos 44, 46 opuestos pueden curvarse hacia adentro para encontrarse con la plataforma 26. Preferiblemente, las porciones 47 engrosadas de la pared 41 lateral y/o la capa de aislamiento 40 se extienden a través de la brecha ensanchada resultante entre el difusor 38 perforado y los segmentos periféricos de la base 28. De esta manera, se puede reducir la transferencia de calor entre el aire calentado de la cámara 32 interna y las superficies 30 periféricas, reduciendo así la temperatura a lo largo de las superficies 30 periféricas durante un proceso de fusión mientras se mantienen temperaturas suficientes a lo largo de las porciones adyacentes de la superficie 16 de conformación. Un experto en la técnica apreciará que se pueden utilizar otras configuraciones y/o estructuras para enfriar las superficies periféricas dentro del alcance de la presente invención. Por ejemplo, se pueden unir y/o incorporar aletas y/o disipadores de calor similares a los disipadores 90 de calor divulgados en otra parte de este documento a las superficies inferiores de las bridas 42 para mejorar la transferencia de calor al fluido refrigerante dentro del alcance de la presente invención.

Volviendo a la figura 4, se ilustra desde una vista lateral un flujo de calentamiento dentro de la herramienta 14, que comienza con los elementos 18 de calentamiento y circula a través de la cámara 32 interna. Además, se muestra el recipiente 12, que incluye una pared 48 que encierra la herramienta 14 y define una cámara 50.

El recipiente 12 puede comprender un autoclave, un recipiente a presión a medida o cualquier otro recinto capaz de mantener fluido de enfriamiento alrededor de la superficie 16 de conformación y, preferiblemente, un entorno sellado en el que la presión puede variar con respecto a la atmosférica. En una realización, el recipiente 12 comprende un autoclave adaptado para el curado de polímeros termoendurecibles estándar, con una temperatura nominal igual o inferior a 204.444 °C (400 °F) y capaz de generar y mantener una presión en la cámara 50 de al menos 101.3529 kPa (14,7 psia). Preferiblemente, el recipiente 12 comprende un autoclave adaptado para el curado de polímeros termoendurecibles estándar, con una temperatura nominal igual o inferior a 204.444 °C (400 °F) y capaz de generar y mantener una presión en la cámara 50 de al menos 792.897 kPa (115 psia). Se prevé que se pueda utilizar un recipiente que no esté sellado y/o que carezca de control de

presión (por ejemplo, uno que suministre fluido de enfriamiento a presión atmosférica) o que se pueda omitir un recipiente por completo sin alejarse del alcance de la presente invención.

El recipiente 12 también incluye una partición 52 dentro de la pared 48 que soporta la herramienta 14 dentro de un área 54 principal de la cámara 50 y delinea un pasaje 56 de retorno de fluido refrigerante. El recipiente 12 incluye además un impulsor 58 dispuesto dentro de una abertura en la partición 52. El impulsor 58 recibe fluido refrigerante del pasaje 56 de retorno y lo mueve hacia y sobre la superficie 16 de conformación de la herramienta 14, y luego el flujo de refrigerante vuelve al pasaje 56 de retorno a lo largo del extremo lejano o distal de la cámara 50. Más particularmente, la partición 52 se extiende preferiblemente de manera sustancialmente continua hacia y se une con los lados de la pared 48, alrededor del impulsor 58 y debajo de la herramienta 14, de manera que el fluido refrigerante calentado por la herramienta 14 durante un proceso de fusión y la operación del impulsor solo ingresa al pasaje 56 de retorno en una entrada 60 en el extremo distal de la cámara 50. Dicho de otra manera, el fluido refrigerante preferiblemente no fluye "corriente arriba" alrededor del impulsor 58 o de otra manera elude el patrón de flujo ilustrado en la figura 4.

El recipiente 12 incluye además paletas 62 suspendidas desde la parte de arriba de la pared 48. Preferiblemente, una pluralidad de paletas 62 están dispuestas radialmente a lo largo de un único segmento longitudinal de la herramienta 14 por encima de la superficie 16 de conformación. Las paletas 62 pueden estar ahuecadas o curvadas a lo largo de una cara 63 frontal configurada para recibir porciones del flujo de fluido refrigerante y redirigir el fluido refrigerante hacia recovecos entre segmentos de la parte 20 compuesta (véase la figura 5) y hacia disipadores 90 de calor conductores (véase el análisis a continuación). La redirección del fluido refrigerante hacia cada recoveco puede mejorar la transferencia de calor desde las porciones de la parte 20 compuesta que se encuentran en el recoveco, particularmente desde las porciones de la parte 20 compuesta que preferiblemente no están fusionadas o fundidas durante un proceso de fusión (se analiza con más detalle a continuación).

La pluralidad de paletas 62 puede cada una estar montada de forma rotatoria en enganche de accionamiento con motores 64 eléctricos configurados para rotar de forma manual y/o automática las paletas 62 alrededor de ejes de rotación respectivos para acomodar recovecos y disipadores 90 de calor de posición longitudinal variable. Preferiblemente, los ejes de rotación y las caras 63 frontales de las paletas 62 están en ángulo entre sí para asegurar el movimiento radial del aire refrigerante para cubrir una mayor proporción de los recovecos de la parte 20 compuesta a medida que los recovecos se extienden circunferencialmente a lo largo de la superficie 16 de conformación. Un experto en la técnica apreciará que se pueden utilizar diversas herramientas de redirección, tales como deflectores, rejillas, aletas o similares, dentro del alcance de la presente invención.

Un experto en la técnica apreciará además que se pueden colocar elementos de transferencia de calor adicionales, tales como bobinas de evaporador y/o enfriador o similares, a lo largo del flujo de fluido refrigerante (por ejemplo, en el pasaje 56 de retorno) para extraer calor del fluido refrigerante dentro del alcance de la presente invención, por ejemplo, como parte de un sistema de refrigeración que puede liberar el calor extraído del fluido refrigerante al entorno ambiental (por ejemplo, alrededor o cerca de la herramienta 14). Preferiblemente, la temperatura media del fluido refrigerante cuando se libera desde el impulsor 58 es al menos 5 °C (41 °F) inferior a la de la porción más caliente del segmento 77 elevado de la subestructura 68 (véase más adelante) durante un proceso de fusión en estado estable. Sin embargo, un experto en la técnica apreciaría que la regulación de la temperatura del fluido refrigerante puede no realizarse en realizaciones de la presente invención. También se prevé que se puedan utilizar diversos patrones de flujo, que incorporen más o menos cámaras y/o pasajes delineados, sin apartarse del alcance de la presente invención.

Volviendo ahora a las figuras 2-3, la parte 20 compuesta puede incluir un revestimiento 66 y una subestructura 68. El revestimiento 66 puede comprender una pluralidad de capas (véase la figura 2) dispuestas consecutivamente a lo largo y generalmente conformes a la forma de la superficie 16 de conformación y/o definiendo la OML, por ejemplo utilizando la colocación automatizada de fibras (AFP) u otro proceso conocido para colocar las capas. Nuevamente, el revestimiento 66 puede comprender un compuesto termoplástico.

La subestructura 68 también puede comprender un compuesto termoplástico y puede colocarse sobre la última capa de revestimiento 66 opuesto a la superficie 16 de conformación. La subestructura 68 puede comprender diversas estructuras tridimensionales diseñadas para proporcionar soporte contra el pandeo del revestimiento 66, definir y proteger otras características de la parte 20 compuesta (tal como ventanas o similares) y/o realizar otras funciones de soporte/refuerzo de la estructura. Las estructuras de ejemplo incluyen largueros 70, tirantes de corte, marcos de ventanas, intercostales, ménsulas, marcos de puertas, marcos y/o similares. En cada caso, al menos una porción de una estructura puede incluir una superficie de contacto configurada para colocarse contra y fusionarse con una superficie del revestimiento 66, como se analiza con más detalle a continuación.

Pasando ahora a las figuras 5-6, se ilustran en detalle los largueros 70 de la subestructura 68 dispuestos contra la capa superior del revestimiento 66. Más particularmente, el revestimiento 66 incluye una capa 72 exterior que presenta un primer lado o lado 73 exterior del revestimiento 66. El revestimiento 66 también incluye una capa 74 interior que presenta un segundo lado o lado 75 interior del revestimiento 66. Entre las capas 72, 74 exterior e interior hay una pluralidad de capas intermedias y capas adyacentes con regiones interlaminares de

porosidad 76 entre ellas debido a una consolidación incompleta durante la disposición inicial o la colocación de las fibras. (véase la figura 6).

Los largueros 70 incluyen segmentos 77 elevados fijados a y/o integrados con las bridas 78 de abajo. Las bridas 78 de abajo presentan superficies 80 de contacto y superficies 81 opuestas. Las superficies 80 de contacto contactan respectivamente con superficies 82 de contacto complementarias presentadas por el lado 75 interior del revestimiento 66. Fuera del contacto entre las superficies 80, 82 de contacto se encuentran porciones 84 expuestas del lado 75 interior del revestimiento 66 que no están en contacto con la subestructura 68. Como se presentó anteriormente, una persona con conocimientos medios apreciará que las subestructuras de una variedad de formas y funciones, y las superficies de contacto de área superficial, forma y perfil de contacto variables contra superficies de contacto con el revestimiento complementarios, están dentro del alcance de la presente invención.

La subestructura 68 preferida y el revestimiento 66 comprenden un polímero termoplástico. La herramienta 14 preferida está configurada para fusionar la subestructura 68 con el revestimiento 66 mediante un calentamiento uniforme y en estado estable aplicado a través de la superficie 16 de conformación. Más preferiblemente, la herramienta 14 y el sistema 10 están configurados para aplicar una presión de aire mayor que la presión atmosférica simultáneamente con los procesos de calentamiento y fusión en estado estable para consolidar las capas del revestimiento 66, como se describe con más detalle a continuación, para mejorar la integridad estructural, fusionar las capas entre sí, adaptar el revestimiento 66 a la forma de la superficie 16 de conformación y/o reducir el tamaño de las regiones interlaminares de porosidad 76. Sin embargo, se prevé que se pueda aplicar mediante una herramienta un calentamiento distinto del calentamiento en estado estable y/o uniforme (por ejemplo, calentamiento diferencial), que se pueda aplicar una presión menor o nula mediante un recipiente (y que no se requiera ningún recipiente en algunas realizaciones), y/o que los procesos de consolidación pueden superponerse solo parcialmente o no con la fusión de la subestructura al revestimiento sin alejarse del alcance de la presente invención. Además, un experto en la técnica apreciará que se pueden utilizar materiales compuestos termoendurecibles o curativos dentro del alcance de la presente invención, como se describe con más detalle a continuación.

El sistema 10 también puede incluir una capa 86 de aislamiento aplicada sobre las bridas 78 y las porciones 84 expuestas del revestimiento 66. La capa 86 de aislamiento puede incluir una superficie 87 superior opuesta a la superficie 16 de conformación cuando se ensambla a la misma. La capa 86 de aislamiento puede incluir mantas de aislamiento o similares, que pueden comprender fibra de poliéster de filamento continuo, fibra cerámica, vermiculita, aerogel, burbujas de vidrio, fibra de vidrio y/o espumas (por ejemplo, poliimida) o similares dentro del alcance de la presente invención.

La capa 86 de aislamiento puede diseñarse o fabricarse, teniendo en cuenta propiedades aislantes tales como el coeficiente de conductividad térmica, con grosores variables a medida que se extiende a través de porciones variables de la parte 20 compuesta. En una o más realizaciones, la totalidad o secciones de la capa 86 de aislamiento pueden tener un grosor de al menos 2.54 mm (.1 pulgadas) bajo compresión durante el proceso o los procesos de curado y/o fusión. Más preferiblemente, la totalidad o partes de la capa 86 de aislamiento pueden tener un grosor de al menos 5.08 mm (.2 pulgadas) bajo dicha compresión. Aún más preferiblemente, la totalidad o partes de la capa 86 de aislamiento pueden tener un grosor de al menos 7.62 mm (.3 pulgadas) bajo dicha compresión. Formulando de manera alternativa, en una o más realizaciones, la totalidad o secciones de la capa 86 de aislamiento pueden tener un grosor de al menos 5.08 mm (.2 pulgadas) en un estado de reposo (es decir, colocada y bajo presión ambiental antes de la compresión). Más preferiblemente, la totalidad o partes de la capa 86 de aislamiento pueden tener un grosor de al menos 10.16 mm (.4 pulgadas) en dicho estado de reposo. Aún más preferiblemente, toda o parte de la capa 86 de aislamiento puede tener al menos 15.24 mm (.6 pulgadas) de grosor en dicho estado de reposo.

La capa 86 de aislamiento puede comprender una pluralidad de paneles discontinuos o similares divididos, por ejemplo, por componentes de la subestructura 68. En algunas realizaciones, los paneles de la capa 86 de aislamiento pueden dimensionarse según el espaciamiento deseado entre los respectivos componentes de la subestructura 68 y/o entre un componente de la subestructura 68 y una característica de referencia fijada con respecto a la superficie 16 de conformación de la herramienta 14. Por ejemplo, los paneles discontinuos de la capa 86 de aislamiento pueden disponerse de esta manera para establecer el posicionamiento correcto de la subestructura 68 a lo largo de la superficie 16 de conformación y/o la separación deseada entre los componentes de la subestructura 68. Además, dicha posición puede mantenerse hasta que se complete la consolidación y/o hasta que los componentes de la subestructura 68 se fusionen al revestimiento 66.

Si se confía en los paneles discontinuos de la capa 86 de aislamiento para establecer o mantener la ubicación de los componentes de la subestructura 68, pueden estar diseñados especialmente para mantener la rigidez en el plano mientras que opcionalmente retienen la flexibilidad fuera del plano. Por ejemplo, cada panel discontinuo de la capa 86 de aislamiento puede comprender una capa aislante y una capa metálica delgada, en donde la capa metálica delgada refuerza la periferia del panel discontinuo sin impedir su capacidad de flexionarse fuera del plano. Los paneles discontinuos de la capa 86 de aislamiento también pueden contener regiones reforzadas alrededor de sus periferias para soportar componentes adyacentes de la subestructura 68

y mantener la normalidad o la alineación angular de los componentes de la subestructura 68 con respecto al revestimiento 66.

Pasando brevemente a la figura 8, se proporciona una vista ampliada de una realización alternativa del sistema de la figura 4. Los componentes ilustrados se pueden utilizar dentro del sistema más amplio de la figura 4, con la realización de la figura 8: incluyendo paneles discontinuos de una capa 86 de aislamiento dimensionada para controlar el espaciado de los largueros 70a; incluyendo una característica 87a de referencia fijada a la superficie 16 de conformación; incluyendo largueros 70a de forma alternativa soportados por soportes 89a de ángulo de refuerzo; y omitiendo disipadores de calor conductores interpuestos (véase el componente 90 analizado a continuación).

Más particularmente, los paneles discontinuos de la capa 86a están dimensionados según el espaciado deseado entre los largueros 70a respectivos y entre el larguero 70a más a la izquierda y la característica 87a de referencia. Además, al menos algunos de los paneles de la capa 86a incluyen soportes 89a angulares de refuerzo en forma de L, estando cada soporte 89a angular de refuerzo posicionado opuesto y extendiéndose alejándose de una brida 78a de un larguero 70a contiguo. Cada soporte 89a angular de refuerzo en forma de L puede proporcionar soporte para resistir la separación no deseada de la brida 78a de la superficie 82 de contacto subyacente durante el proceso o los procesos de curado y/o fusión. Los soportes 89a angulares de refuerzo pueden comprender aluminio u otro material disipador de calor conductor conocido de suficiente rigidez para mantener la posición vertical deseada de los componentes soportados de la subestructura 68.

Cada porción de la capa 86 de aislamiento puede diseñarse con referencia a la función deseada. Preferiblemente, las porciones de la capa 86 de aislamiento que recubren las porciones 84 expuestas del revestimiento 66 están configuradas para facilitar la fusión y consolidación de todas las capas del revestimiento 66 durante el proceso de calentamiento (preferiblemente en estado estable y uniforme a lo largo de la superficie 16 de conformación). Por el contrario, las porciones de la capa 86 de aislamiento que recubren las bridas 78 y porciones similares de la subestructura 68 que presentan superficies de contacto se configuran preferiblemente teniendo en cuenta el valor de aislamiento de las propias bridas 78 (por ejemplo) y con vistas a facilitar la fusión y consolidación a la que se ha hecho referencia anteriormente de las capas subyacentes del revestimiento 66, así como a la fusión de las superficies 80 de contacto con las superficies 82 de contacto, manteniendo al mismo tiempo las superficies 81 opuestas de las bridas 78 por debajo del punto de fusión. Por lo tanto, la capa 86 de aislamiento puede ser más delgada en los segmentos que recubren las bridas 78 y más gruesa en los segmentos que recubren las porciones 84 expuestas del revestimiento 66. En la realización ilustrada (véanse las figuras 5-6), la capa 86 de aislamiento se estrecha a medida que se aproxima a una curva de transición entre la brida 78 y el segmento 77 elevado.

Preferiblemente, la aplicación de calor a la superficie 16 de conformación y a la capa 86 de aislamiento está suficientemente controlada para que los procesos de fusión y consolidación puedan completarse sin fundir las superficies 81 opuestas de las bridas 78, o cualquier porción de los segmentos 77 elevados de la subestructura 68. Además, o como alternativa, el sistema 10 puede incluir una capa 88 de liberación entre las porciones 84 expuestas del revestimiento 66 y la capa 86 de aislamiento para evitar o reducir la adhesión entre ellas. La capa 88 de liberación también puede extenderse entre las superficies 81 opuestas de las bridas 78 (y superficies análogas de la subestructura 68) y la capa 86 de aislamiento. La capa 88 de liberación puede comprender una película de liberación antiadherente (por ejemplo, politetrafluoroetileno, etileno propileno fluorado (FEP) u otro fluoropolímero, lámina metálica liberada, película de poliimida liberada, tejido de vidrio recubierto, etc.) o similar.

Además, para facilitar la transferencia de calor desde los segmentos 77 elevados de la subestructura 68, el sistema 10 puede incluir un disipador 90 de calor conductor aplicado temporalmente contra cada segmento 77 elevado durante el proceso de calentamiento. El disipador 90 de calor conductor puede comprender aluminio u otro material disipador de calor conductor conocido, y puede incluir crestas 92 (y/u otras discontinuidades similares, tales como nervaduras o corrugaciones) a lo largo de un primer lado 94 opuesto a un segundo lado 96. Las crestas 92 pueden aumentar el área de superficie para la transferencia de calor desde los segmentos 77 elevados. El primer lado 94 puede estar orientado para hacer frente al flujo de fluido refrigerante desde el impulsor 58 para mejorar aún más la transferencia de calor. El segundo lado 96 puede adaptarse a la forma de una superficie 97 exterior correspondiente del segmento 77 elevado contra el que se sostiene (en el ejemplo ilustrado, esa forma es plana o sustancialmente plana) para optimizar la transferencia de calor conductiva desde el segmento 77 elevado. Cada disipador 90 de calor conductor puede mantenerse contra la superficie 97 exterior correspondiente mediante presión de aire aplicada contra el disipador 90 de calor a través de la bolsa 98 impermeable durante los procesos de fusión o calentamiento o mediante otros medios conocidos, tales como sujetadores o similares. Un experto en la técnica apreciará que se pueden colocar otras estructuras a lo largo de los segmentos elevados para mejorar la transferencia de calor, y que dichas estructuras se pueden omitir, sin apartarse del alcance de la presente invención.

Se puede aplicar presión de aire o fluido refrigerante presurizado durante el calentamiento por el recipiente 12 (por ejemplo, un autoclave) para mantener la parte 20 compuesta en su lugar, mejorar la fusión de las superficies 80, 82 de contacto y/o mejorar la consolidación de las capas de revestimiento 66. El sistema 10

puede incluir una bolsa 98 de vacío que cubre la parte 20 compuesta de manera que la parte 20 compuesta quede encerrada por la combinación de la bolsa 98 de vacío y la superficie 16 de conformación de la herramienta 14. La bolsa 98 de vacío generalmente está fabricada a partir de un material resiliente y resistente tal como caucho de silicona curado, nailon, poliuretano y/o versiones reforzadas con fibra de los anteriores (u otros materiales similares) que permite que la bolsa 98 de vacío se adapte a las curvaturas y contornos de la parte 20 y la plataforma 26. Además, la bolsa 98 de vacío puede ser reutilizable, ya que la bolsa puede usarse repetidamente para fabricar una pluralidad de partes compuestas.

La bolsa 98 de vacío puede incluir una superficie 100 de lámina superior y una superficie 102 de lámina inferior. El material flexible de la bolsa 98 de vacío puede ser sustancialmente o completamente impermeable a la atmósfera y/o a otros gases que se puedan utilizar como fluido refrigerante (véase a continuación). Preferiblemente, el material flexible de la bolsa 98 de vacío es impermeable a la atmósfera a una diferencia de presión de 103.421 kPa (15 psi). Más preferiblemente, el material flexible de la bolsa 98 de vacío es impermeable a la atmósfera a una diferencia de presión de 689.476 kPa (100 psi) o mayor.

También debe tenerse en cuenta que es preferible que la bolsa 98 de vacío se distribuya de manera uniforme y presione directamente sobre la parte 20 compuesta para optimizar la presión suministrada durante los procesos de consolidación (es decir, mínima formación de puentes en las interfaces con la estructura subyacente). Preferiblemente, la bolsa 98 de vacío hace contacto directo con dicha estructura subyacente. Sin embargo, las formas de la subestructura 68 pueden restringir sustancialmente la entrada de la bolsa 98 de vacío en ciertas áreas por encima de las porciones 84 expuestas del revestimiento 66. Por ejemplo, la esquina inferior izquierda de la brida 81 (véase la figura 6) puede, en algunas realizaciones, estar curvada (no se muestra), lo que da como resultado una cavidad (no se muestra) debajo de la porción curva de la brida 81 que es poco probable que una bolsa 98 de vacío llene adecuadamente. El revestimiento 66 debajo de dicha cavidad puede, en ausencia de presión directa aplicada por la bolsa 98 de vacío durante un proceso de consolidación y/o calentamiento, experimentar una consolidación reducida. Para restablecer el contacto directo con la bolsa 98 de vacío para una consolidación adecuada, la cavidad puede llenarse con un relleno de radio o similar, que comprende preferiblemente el mismo material o uno similar al de la parte 20 compuesta. Alternativamente, el dissipador 90 de calor puede colocarse para engancharse a la cavidad y transferir la presión de consolidación.

La bolsa 98 de vacío también puede extenderse más allá de la periferia exterior de la parte 20 compuesta para sellar contra la herramienta 14 y mantener la presión de compresión en la parte 20 compuesta contra la superficie 16 de conformación.

Volviendo a la figura 3, la bolsa 98 de vacío puede sellar más particularmente contra las superficies 30 periféricas y otras superficies de la plataforma 26 que rodean inmediatamente la periferia de la parte 20 compuesta. Como se ha descrito anteriormente, las superficies 30 periféricas están configuradas preferiblemente (por ejemplo, utilizando bridas adelgazadas, mayor área superficial expuesta al fluido refrigerante, falta de aislamiento y/u otros factores de diseño) para mantenerse a una temperatura inferior a la temperatura de fusión o descomposición de la bolsa 98 de vacío durante los procesos de fusión y consolidación. Esto puede evitar o reducir la fusión o descomposición de la bolsa 98 de vacío y/o la adhesión de la bolsa 98 de vacío a las superficies 30 periféricas, asegurando la reutilización de la bolsa 98 y la integridad del proceso de fabricación. Con una ingeniería adecuada, se pueden utilizar bolsas de vacío y cintas selladoras más económicas que tengan temperaturas de fusión más bajas y que sean más fáciles de usar, lo que es una ventaja de las realizaciones de la presente invención.

Además o alternativamente, las superficies de la plataforma 26 y/o de la herramienta 14 en general que rodean inmediatamente la periferia de la parte 20 compuesta -y contra las cuales se sellan las porciones periféricas de la bolsa 98 de vacío- pueden estar cubiertas con una capa de aislamiento o material similar que reduzca o impida la transferencia de calor entre la bolsa 98 de vacío y la herramienta 14 durante y/o después del proceso de fusión para permitir aún más el ensacado de materiales a baja temperatura de fusión.

De manera similar, la capa 86 de aislamiento, una tasa de calentamiento aplicada a la superficie 16 de conformación y/u otras consideraciones de diseño pueden diseñarse para garantizar que ninguna porción de la bolsa 98 de vacío - incluidas aquellas porciones que entran en contacto con los segmentos 77 elevados, la plataforma 26, los dissipadores 90 de calor conductores y/o la capa 86 de aislamiento- toque una superficie por encima de la temperatura de fusión de la bolsa 98 de vacío.

Como ejemplo particular, los segmentos 77 elevados pueden comprender material compuesto de polímero termoplástico y pueden tener un valor R de grosor pasante en cada ubicación sobre una superficie de los mismos (por ejemplo, según se determina a través del grosor a lo largo de una línea perpendicular a la superficie en la ubicación del segmento 77 elevado). Cada segmento 77 elevado (véase figuras 5-6) se deja preferiblemente sin aislamiento durante los procesos de fusión y consolidación. Preferiblemente, no se interpone ningún material entre la bolsa 98 de vacío y el segmento 77 elevado en donde el valor R de grosor pasante del material interpuesto en cualquier ubicación es más de mil (1000) veces el valor R de grosor pasante del segmento 77 elevado en una ubicación adyacente correspondiente. Más preferiblemente, no se interpone ningún material entre la bolsa 98 de vacío y el segmento 77 elevado en donde el valor R de grosor pasante del

material interpuesto en cualquier ubicación es más de cien (100) veces el valor R de grosor pasante del segmento 77 elevado en una ubicación adyacente correspondiente. Aún más preferiblemente, no se interpone ningún material entre la bolsa 98 de vacío y el segmento 77 elevado, en donde el valor R del grosor total del material interpuesto en cualquier ubicación es mayor que diez (10) veces el valor R del grosor total del segmento 77 elevado en una ubicación adyacente correspondiente. En otra formulación, la bolsa 98 de vacío está preferiblemente en contacto directo con el segmento 77 elevado y/o un disipador 90 de calor conductor que, a su vez, recibe calor de manera conductora a través del contacto directo con el segmento 77 elevado. En otra formulación, la bolsa 98 de vacío está separada preferiblemente del segmento 77 elevado y/o de un disipador 90 de calor conductor únicamente por una película o películas de polímero o metálicas que no suman más de 1.5875 mm (0.0625 pulgadas) de grosor. En otra formulación más, la bolsa 98 de vacío está separada preferiblemente del segmento 77 elevado y/o de un disipador 90 de calor conductor únicamente por una película o películas de polímero o metálicas que no suman más de 0.7874 mm (0.031 pulgadas) de grosor.

En otra formulación más, una porción de superficie de contacto del primer lado de la bolsa 98 de vacío está en contacto directo con una superficie subyacente del segmento 77 elevado (por ejemplo, con una porción de la superficie exterior del segmento 77 elevado de la figura 8) o de un material no aislante interpuesto entre el primer lado de la bolsa 98 de vacío y el segmento 77 elevado (por ejemplo, con una porción del primer lado 94 del disipador 90 de calor conductor de la figura 6).

El segmento 77 elevado tiene un valor R de grosor pasante tomado a lo largo de una línea perpendicular a la superficie de contacto. En realizaciones que incluyen el material interpuesto no aislante, el material interpuesto tiene un valor R de grosor pasante, tomado a lo largo de la línea, que es menor que mil (1000) veces el valor R de grosor pasante del segmento 77 elevado tomado a lo largo de la línea. Más preferiblemente, en realizaciones que incluyen el material interpuesto no aislante, el material interpuesto tiene un valor R de grosor pasante, tomado a lo largo de la línea, que es menor que cien (100) veces el valor R de grosor pasante del segmento 77 elevado tomado a lo largo de la línea. Aún más preferiblemente, en realizaciones que incluyen el material interpuesto no aislante, el material interpuesto tiene un valor R de grosor pasante, tomado a lo largo de la línea, que es menor que diez (10) veces el valor R de grosor pasante del segmento 77 elevado tomado a lo largo de la línea.

De esta manera, las realizaciones de la presente invención garantizan que la bolsa 98 de vacío no se derrita y/o se adhiera de otro modo a los componentes adyacentes del sistema 10. Un experto en la técnica apreciará que las subestructuras que incorporan ciertos segmentos elevados que se van a fusionar con otros materiales compuestos -y, por lo tanto, pueden estar aislados para facilitar la fusión y la reblandecimiento- también están dentro del alcance de la presente invención.

Cabe señalar que el valor R se utiliza en este documento para indicar la resistencia térmica por unidad de área en el sentido general, y no como referencia a ningún sistema de unidades en particular. Por lo tanto, se puede utilizar cualquier sistema de unidades y/o método de prueba conocido en la técnica para comparar los valores R de los elementos relevantes analizados en este documento. El valor R es una medida de la resistencia de un objeto al flujo conductor de calor, que depende tanto de la propiedad de conductividad térmica del material del que está compuesto el objeto como del grosor del objeto en el lugar donde se toma la medición del valor R. Es posible determinar el valor R de un objeto en una ubicación dada directamente, según estándares internacionales establecidos, por ejemplo, de acuerdo con el método de ASTM® C518-17 Método de prueba estándar para propiedades de transmisión térmica en estado estable por medio del aparato medidor de flujo de calor. También es posible calcular el valor R de un objeto en una ubicación dada conociendo tanto su grosor en dicha ubicación como la conductividad térmica (valor K) del material que comprende el objeto de acuerdo con la siguiente ecuación: $\text{Valor R} = 1/(\text{valor K/grosor})$. Los coeficientes de conductividad térmica o valores K descritos en este documento también se pueden determinar utilizando estándares internacionales establecidos, incluido el Método de prueba estándar ASTM® C177-19 para mediciones de flujo de calor en estado estable y propiedades de transmisión térmica por medio del aparato de placa caliente protegida. Las referencias a los estándares ASTM® son las difundidas por la sociedad Estadounidense de Pruebas y materiales a partir de la fecha de presentación inicial de esta divulgación.

El sistema 10 puede incluir componentes adicionales tales como una fuente de presión configurada para proporcionar presiones de compresión durante los procesos de curado y/o fusión, una fuente de resina (por ejemplo, cuando se utilizan compuestos termoendurecibles), y/u otro equipo configurado para proporcionar material de matriz y/o revestimiento de laminado en la herramienta a través de la colocación automatizada de fibras (AFP) durante el proceso de laminado (como se analiza a continuación), sin apartarse del alcance de la presente invención.

Al menos una porción de los pasos de un método 700 para fabricar una parte compuesta a partir de un material compuesto utilizando el sistema 10 según diversas realizaciones de la presente invención se enumera en la figura 7. Los pasos se pueden realizar en el orden que se muestra en la figura 7 o en un orden diferente. Además, algunos pasos se pueden realizar simultáneamente en lugar de secuencialmente.

En relación con el paso 701, se puede colocar un revestimiento sobre una superficie de conformación de una herramienta. El revestimiento puede incluir una superficie exterior y una superficie interior, y la superficie de conformación de la herramienta puede estar configurada para mantener la superficie exterior del revestimiento en forma de una línea de molde exterior. Además, la superficie interior del revestimiento puede tener una

5

La herramienta puede incluir una base que tiene una pared lateral cubierta por una capa de aislamiento de la herramienta. La herramienta también puede tener al menos una porción de enfriamiento que incluye una superficie exterior que recibe porciones perimetrales o periféricas de una bolsa de vacío (véase el análisis a continuación). La porción de enfriamiento puede ser lo suficientemente delgada o estar configurada de otra

10

La disposición del revestimiento puede incluir la superposición consecutiva de múltiples capas una sobre otra. Ventajosamente, las realizaciones de la presente invención pueden permitir la disposición de las capas sin la necesidad de pasos intermedias de calentamiento y/o laminado asociadas comúnmente con tales procesos de

15

disposición. Es decir, los procesos AFP típicos calentarán y/o laminarán las capas durante un proceso de disposición para consolidar al menos parcialmente las capas antes de fusionar el revestimiento a la subestructura. Las realizaciones de la presente invención pueden reducir u omitir tales pasos de calentamiento y/o laminado y, en su lugar, realizar gran parte o la totalidad del proceso de consolidación simultáneamente con el proceso de fusión.

20

En relación con el paso 702, se puede colocar una subestructura sobre la superficie interna del revestimiento. La subestructura puede incluir un margen exterior que, al igual que el revestimiento, se puede formar según la forma de la línea de molde exterior mediante el soporte de la superficie de conformación de la herramienta. La subestructura puede incluir una brida y un segmento elevado fijado a la brida y/o integrado con ella. La brida puede incluir una segunda superficie de contacto. La segunda superficie de contacto de la subestructura se

25

puede colocar contra la primera superficie de contacto del revestimiento y en contacto con ella. Las áreas fuera de la segunda superficie de contacto (es decir, aquellas que no están en contacto con la subestructura) se pueden considerar porciones expuestas de la superficie interna del revestimiento.

Además, las realizaciones de la presente invención pueden incluir la colocación de un disipador de calor conductor entre el segmento elevado de la subestructura y la bolsa de vacío y el mantenimiento de la colocación del disipador de calor durante la fusión de la subestructura al revestimiento.

Además, el segmento elevado puede comprender un material compuesto de polímero termoplástico y puede tener un valor R de grosor total en cada ubicación del mismo. El método puede incluir asegurar que no se coloque ningún material entre la bolsa de vacío y el segmento elevado en donde el valor R de grosor total de dicho material en cualquier ubicación sea más de mil (1000) veces el valor R de grosor total del segmento elevado en una ubicación adyacente correspondiente. El método puede incluir asegurar que no se coloque ningún material entre la bolsa de vacío y el segmento elevado en donde el valor R de grosor total de dicho material en cualquier ubicación sea más de cien (100) veces el valor R de grosor total del segmento elevado en una ubicación adyacente correspondiente. El método puede incluir asegurar que no se coloque ningún material entre la bolsa de vacío y el segmento elevado en donde el valor R de grosor total de dicho material en cualquier ubicación sea mayor que diez (10) veces el valor R de grosor total del segmento elevado en una ubicación adyacente correspondiente. (véase discusión a continuación).

30

35

40

Además, se puede aplicar una capa de liberación a lo largo de la porción expuesta de la superficie interna del revestimiento. La capa de liberación puede comprender politetrafluoroetileno u otros materiales descritos anteriormente.

45

En relación con el paso 703, se puede aplicar al menos una capa de aislamiento sobre la brida de la subestructura y sobre las porciones expuestas de la superficie interior del revestimiento que no están en contacto con la subestructura. La capa de aislamiento puede tener un tamaño adecuado y puede constar de suficientes materiales aislantes para que la aplicación de calor a la superficie de conformación (durante el proceso de fusión descrito a continuación) haga que cada una de la pluralidad de capas compuestas del revestimiento se fusione con las adyacentes de la pluralidad de capas compuestas durante la fusión de la subestructura al revestimiento. Además, la capa de aislamiento puede tener un tamaño adecuado y puede constar de suficientes materiales aislantes para que la aplicación de calor a la superficie de conformación durante el proceso de fusión haga que la segunda superficie de contacto y la primera superficie de contacto se fundan y fusionen entre sí, uniendo el revestimiento a la subestructura.

50

55

Además, con referencia a la figura 8, los paneles discontinuos de la capa de aislamiento pueden colocarse consecutivamente (por ejemplo, comenzando en una característica de referencia de la superficie de conformación y continuando a lo largo de la superficie de conformación) entre los componentes de la subestructura. La colocación de los paneles de aislamiento puede ocurrir simultáneamente con la colocación de la subestructura y/o el posicionamiento de los componentes de la subestructura puede ajustarse a medida

que se colocan los paneles de aislamiento para establecer una separación deseada entre ellos. Como se indicó anteriormente, los paneles de aislamiento pueden incluir soportes angulares de refuerzo para mantener la posición vertical de los componentes de la subestructura durante el proceso o procesos de curado y/o fusión.

5 En relación con el paso 704, se puede aplicar una bolsa de vacío para cubrir el revestimiento y la subestructura de modo que el revestimiento y la subestructura queden al menos parcialmente y preferiblemente totalmente encerradas por la combinación de la bolsa de vacío y la superficie de conformación de la herramienta. La bolsa de vacío comprende material que tiene un punto de fusión por encima de la temperatura del fluido refrigerante. Debe observarse que los cambios nominales en el punto de fusión con la variación en la presión del fluido refrigerante no se tienen en cuenta para los fines de esta divulgación.

10 Además, como se ha indicado anteriormente, la bolsa de vacío puede incluir un primer lado adyacente a la parte compuesta y un segundo lado opuesto al primer lado. La capa de aislamiento puede incluir un primer lado adyacente a la subestructura y un segundo lado (o superior) opuesto al primer lado. Además, cada uno de los segmentos elevados y la brida pueden incluir una superficie exterior. Una primera porción de la capa de aislamiento puede cubrir la superficie exterior de la brida sobre las superficies de contacto, y una segunda
15 porción de la capa de aislamiento puede cubrir la porción expuesta del segundo lado del revestimiento. Además, la capa de aislamiento puede tener un tamaño tal que, durante la fusión de la subestructura al revestimiento (que se analiza a continuación), el segundo lado de la capa de aislamiento y una porción del primer lado de la bolsa de vacío que cubre el segmento elevado se mantengan cada uno por debajo del punto de fusión de la bolsa de vacío.

20 En relación con el paso 705, se puede hacer fluir continuamente un fluido refrigerante en contacto con y sobre el segundo lado de la bolsa de vacío. El flujo se puede mantener durante la mayor parte o la totalidad del proceso de fusión que se describe a continuación. Preferiblemente, el fluido refrigerante se mantiene a una temperatura inferior a la de la parte compuesta. También o alternativamente, el fluido refrigerante se puede mantener a una temperatura inferior a la de cada uno de los segmentos elevados que están fijados a las
25 superficies de contacto de la subestructura y/o a una temperatura inferior a la del revestimiento. El flujo de fluido refrigerante se puede aplicar contra el segundo lado de la bolsa de vacío al menos en parte mediante un impulsor y una paleta, estando la paleta conformada y posicionada para recibir el flujo de fluido refrigerante desde el impulsor y redirigir el flujo del fluido refrigerante hacia la bolsa de vacío.

30 En relación con el paso 706, el fluido refrigerante puede presurizarse. La presurización puede lograrse utilizando un recipiente que comprende un autoclave o similar. Se prevé que la presión atmosférica (por ejemplo, a nivel del mar) puede proporcionar suficiente presión sobre la bolsa de vacío sin alejarse del alcance de la presente invención. La presión del fluido refrigerante puede ser igual o superior a 101.3529 kPa (14.7 psia) o, más preferiblemente, igual o superior a 689.476 kPa (100 psi), y puede mantenerse a sustancialmente la misma presión durante la fusión de la subestructura al revestimiento (que se analiza con más detalle a
35 continuación).

En relación con el paso 707, se puede aplicar calor a la superficie de conformación para fusionar la subestructura al revestimiento mediante la fusión a lo largo de la primera y segunda superficies de contacto. Como se indicó anteriormente, se pueden incorporar termopares a lo largo de una plataforma de la herramienta para proporcionar retroalimentación de detección de temperatura a un controlador. El controlador puede
40 controlar la salida de uno o más elementos de calentamiento para proporcionar un calentamiento uniforme y en estado estable (preferiblemente) o un calentamiento diferencial a la superficie de conformación para fusionar la subestructura al revestimiento y la consolidación simultánea de las capas del revestimiento.

En relación con el paso 708, la bolsa de vacío y la parte compuesta fusionada pueden extraerse de la herramienta. El fluido refrigerante puede despresurizarse y el flujo puede detenerse en relación con dicha
45 extracción.

Aunque la invención se ha descrito con referencia a las realizaciones ilustradas en las figuras de dibujo adjuntas, se observa que se pueden emplear equivalentes y hacer sustituciones en este documento sin alejarse del alcance de la invención como se recita en las reivindicaciones.

50 Por ejemplo, cabe señalar que las partes compuestas se forman normalmente a partir de material compuesto, como se conoce en la técnica, que generalmente incluye al menos dos componentes constituyentes: un material de refuerzo y un material de matriz. El material de refuerzo generalmente proporciona propiedades de refuerzo mecánico, tal como alta resistencia a la tracción, al material compuesto, mientras que el material de matriz actúa como un aglutinante para mantener unido el material de refuerzo. El material de refuerzo y el material de matriz pueden poseer propiedades adicionales no analizadas en este documento. Además, el
55 material compuesto puede incluir componentes adicionales no analizados en este documento.

Los ejemplos de materiales de refuerzo que pueden utilizarse con la presente invención incluyen, entre otros, materiales de fibra tales como fibra de carbono, fibra de boro, fibra de vidrio, fibra de aramida, fibra cerámica y similares sin apartarse del alcance de la presente invención. En el caso de materiales de refuerzo a base de

fibra, la fibra puede existir en una de al menos dos formas: preimpregnada (preimpregnada), en la que la fibra puede estar recubierta con un material de matriz que no está curado y/o requiere un tratamiento térmico adicional, tal como una resina no curada o un polímero termoplástico, o como fibra seca, sin material de matriz incorporado antes de la fabricación de la parte. El material de matriz puede estar típicamente en forma de polímeros termoplásticos tales como policarbonatos, poliamidas, sulfuro de polifenileno, polieterimida, polieterecetona, polietercetona y similares. El material de matriz puede estar también o
5 alternativamente en forma de resinas poliméricas termoendurecibles, tales como epoxis, bismaleimidas, ésteres de vinilo, fenólicos, poliimidas y similares, entre otros. Debe observarse que los adhesivos de película termoplástica se incorporan preferiblemente entre partes que comprenden materiales de matriz
10 termoendurecibles, y que la fijación de una de dichas partes a otra incluye el curado de los adhesivos de película termoplástica. También debe observarse que pueden usarse mezclas de materiales compuestos para formar una única parte compuesta sin apartarse del alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (10) para fusionar estructuras compuestas, el sistema que comprende:
una parte (20) compuesta que comprende -
una subestructura (68, 70, 70a) que comprende una brida (78) y un segmento (77, 77a) elevado, la brida que comprende una superficie (82) de contacto;
un revestimiento (66) que comprende un primer lado (73) y un segundo lado (75) opuesto al primer lado, el segundo lado del revestimiento que comprende: (A) otra superficie (80) de contacto que contacta con la superficie de contacto de la brida, y (B) una porción (84) expuesta que no contacta con la subestructura;
una capa (86, 86a) de aislamiento que cubre la brida opuesta a la superficie de contacto de la brida y que cubre la porción expuesta del revestimiento;
una herramienta (14) que comprende -
una superficie (16) de conformación en forma de una línea de molde exterior y que recibe el primer lado del revestimiento;
un elemento (18) de calentamiento que suministra calor a la superficie de conformación; y
una bolsa (98) de vacío que cubre la parte compuesta de manera que la parte compuesta está al menos parcialmente encerrada por la combinación de la bolsa de vacío y la superficie de conformación de la herramienta, la bolsa de vacío que comprende -
un primer lado (102) adyacente a la parte compuesta y un segundo lado (100) opuesto al primer lado;
el sistema que comprende además un fluido refrigerante en contacto con el segundo lado de la bolsa de vacío, estando el fluido refrigerante a una temperatura más baja que la parte compuesta.
2. El sistema (10) de la reivindicación 1, en donde -
la bolsa (98) de vacío incluye una superficie de contacto del primer lado (102) de la bolsa de vacío en contacto directo con una superficie subyacente,
el segmento (68, 70, 70a) elevado tiene un valor R de grosor total tomado a lo largo de una línea perpendicular a la superficie de contacto,
la superficie subyacente comprende una porción de uno de: (i) el segmento elevado; y (ii) un material interpuesto entre el primer lado de la bolsa de vacío y el segmento elevado que tiene un valor R de grosor total, tomado a lo largo de la línea, que es menor que mil (1000) veces el valor R de grosor total del segmento elevado tomado a lo largo de la línea.
3. El sistema (10) de la reivindicación 1 o 2, que comprende además un material interpuesto que comprende un dissipador (90) de calor conductor entre el segmento (68, 70, 70a) elevado y el primer lado (102) de la bolsa de vacío.
4. El sistema (10) de cualquier reivindicación anterior, en donde -
la capa (86, 86a) de aislamiento está dimensionada de tal manera que la aplicación de calor en estado estable por el elemento de calentamiento a la superficie (16) de conformación hace que la superficie (82) de contacto de la brida se fusione con la superficie (80) de contacto del segundo lado (75) del revestimiento (66) mientras que simultáneamente un lado (87) superior de la capa de aislamiento y una porción del primer lado de la bolsa de vacío que cubre el segmento (77, 77a) elevado se mantienen cada uno por debajo de la temperatura de fusión o descomposición de la bolsa (98) de vacío.
5. El sistema (10) de cualquier reivindicación anterior, que comprende además una capa (88) de liberación entre la porción (84) expuesta del segundo lado (75) del revestimiento (66) y la capa (86, 86a) de aislamiento.
6. El sistema (10) de cualquier reivindicación anterior, que comprende además uno o más de
un autoclave (12) que contiene la parte (20) compuesta, la herramienta (14) y la bolsa (98) de vacío, en donde el fluido refrigerante es presurizado por el autoclave por encima de 101.3529 kPa (14.7 psia) durante el calentamiento en estado estable;
un impulsor (58) que potencia el flujo del fluido refrigerante a través del segundo lado (100) de la bolsa (98) de vacío y una paleta (62) conformada para redirigir el flujo del fluido refrigerante hacia la bolsa de vacío; y

una pared (41) lateral cubierta por una capa de aislamiento de la herramienta (40) y al menos una porción (42) de enfriamiento, teniendo cada una de las porciones de enfriamiento una superficie (30) exterior que recibe porciones perimetrales de la bolsa de vacío y siendo la al menos una porción de enfriamiento de un grosor suficiente para mantener cada superficie exterior por debajo del punto de fusión de la bolsa de vacío durante el calentamiento en estado estable.

7. Un método para fusionar estructuras compuestas termoplásticas, el método que comprende:

colocar un revestimiento (66) que comprende una superficie (73) exterior y una superficie (75) interior sobre una superficie (16) de conformación de una herramienta (14) configurada para mantener la superficie exterior en una forma de una línea de molde exterior, la superficie interior del revestimiento que comprende una primera superficie (80) de contacto;

colocar una subestructura (68, 70, 70a) sobre la superficie interior del revestimiento, la subestructura que comprende una brida (78) y un segmento (77, 77a) elevado, la brida que comprende una segunda superficie (82) de contacto que está en contacto con la primera superficie de contacto del revestimiento;

aplicar al menos una capa (86, 86a) de aislamiento sobre la brida de la subestructura y sobre porciones (84) expuestas de la superficie interior del revestimiento que no están en contacto con la subestructura;

aplicar una bolsa (98) de vacío para cubrir el revestimiento y la subestructura de manera que el revestimiento y la subestructura queden al menos parcialmente encerradas por la combinación de la bolsa de vacío y la superficie de conformación de la herramienta; y

aplicar calor a la superficie de conformación para fusionar la subestructura al revestimiento de manera que el revestimiento supere su punto de fusión y al menos una porción del segmento elevado no supere su punto de fusión.

8. El método de la reivindicación 7, en donde la bolsa (98) de vacío comprende un primer lado (102) adyacente a la parte (20) compuesta y un segundo lado (100) opuesto al primer lado, que comprende además hacer fluir un fluido refrigerante en contacto con y sobre el segundo lado de la bolsa de vacío durante la fusión de la subestructura (68, 70, 70a) al revestimiento (66), estando el fluido refrigerante a una temperatura más baja que el revestimiento.

9. El método de la reivindicación 8, en donde -

la bolsa (98) de vacío se aplica de manera que una superficie de contacto del primer lado (102) de la bolsa de vacío esté en contacto directo con una superficie subyacente,

el segmento (77, 77a) elevado tiene un valor R de grosor total tomado a lo largo de una línea perpendicular a la superficie de contacto,

la superficie subyacente comprende una porción de uno de: (i) el segmento elevado; y (ii) un material interpuesto entre el primer lado de la bolsa de vacío y el segmento elevado que tiene un valor R de grosor total, tomado a lo largo de la línea, que es menor que mil (1000) veces el valor R de grosor total del segmento elevado tomado a lo largo de la línea.

10. El método de la reivindicación 8 o 9, que comprende además colocar un material interpuesto que comprende un disipador (90) de calor conductor entre el segmento (77, 77a) elevado y el primer lado (102) de la bolsa (98) de vacío y manteniendo la colocación durante la fusión de la subestructura al revestimiento extrayendo así el calor del segmento elevado y evitando que se funda o deforme.

11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde -

la capa (86, 86a) de aislamiento comprende un lado (87) superior opuesto a la superficie (16) de conformación,

la bolsa (98) de vacío comprende un material que tiene un punto de fusión,

el segmento (77, 77a) elevado comprende una superficie exterior,

la brida (78) comprende una superficie exterior,

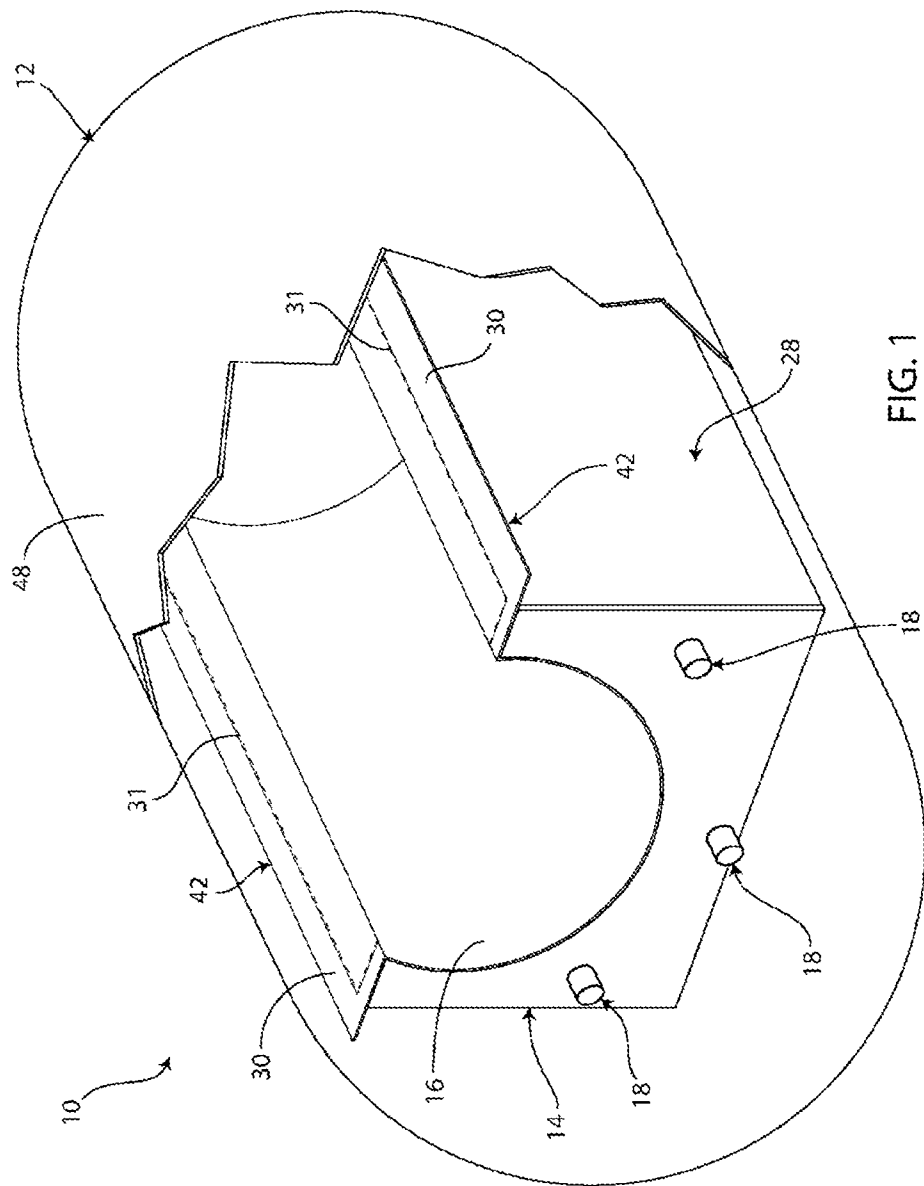
una primera porción de la capa de aislamiento cubre la superficie exterior de la brida sobre las superficies (80, 82) de contacto,

una segunda porción de la capa de aislamiento cubre al menos una de las porciones (84) expuestas de la superficie interna del revestimiento,

la capa de aislamiento está dimensionada de tal manera que, durante la fusión de la subestructura (68) al revestimiento (66), el lado superior de la capa de aislamiento y una porción del primer lado (102) de la bolsa

de vacío que cubre el segmento elevado se mantienen cada uno por debajo del punto de fusión de la bolsa de vacío.

- 5 12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, que comprende además aplicar una capa (88) de liberación entre al menos una de las porciones (84) expuestas de la superficie (75) interna del revestimiento y la capa (86, 86a) de aislamiento.
13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, que comprende además presurizar el fluido refrigerante utilizando un autoclave (12) que contiene la parte (20) compuesta, la herramienta (14), y la bolsa (98) de vacío, en donde el fluido refrigerante se presuriza por encima de una presión absoluta de 101.3529 kPa (14.7 psia) durante la fusión de la subestructura (68, 70) al revestimiento (66); y/o
- 10 14. dirigir el flujo de fluido refrigerante a través del segundo lado (100) de la bolsa (98) de vacío a través de un impulsor (58) y una paleta (62) conformada y posicionada para recibir el flujo de fluido refrigerante desde el impulsor y redirigir el flujo del fluido refrigerante hacia la bolsa de vacío.
- 15 14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, en donde la herramienta (14) comprende una pared (41) lateral cubierta por una capa de aislamiento de la herramienta (40) y al menos una porción (42) de enfriamiento, la al menos una porción de enfriamiento que cada una tiene una superficie (30) exterior que recibe porciones perimetrales de la bolsa (98) de vacío y la al menos una porción de enfriamiento que tiene un grosor suficiente para mantener cada superficie exterior por debajo del punto de fusión de la bolsa de vacío durante la fusión de la subestructura (68, 70) al revestimiento (66).
- 20 15. El sistema (10) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, o el método de una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 14, en donde el revestimiento (66) comprende una pluralidad de capas (72, 74, 76) compuestas y la capa (86, 86a) de aislamiento está dimensionada de tal manera que la aplicación de calor en estado estable por el elemento (18) de calentamiento a la superficie (16) de conformación hace que cada una de la pluralidad de capas compuestas se fusione con las adyacentes de la pluralidad de capas compuestas.



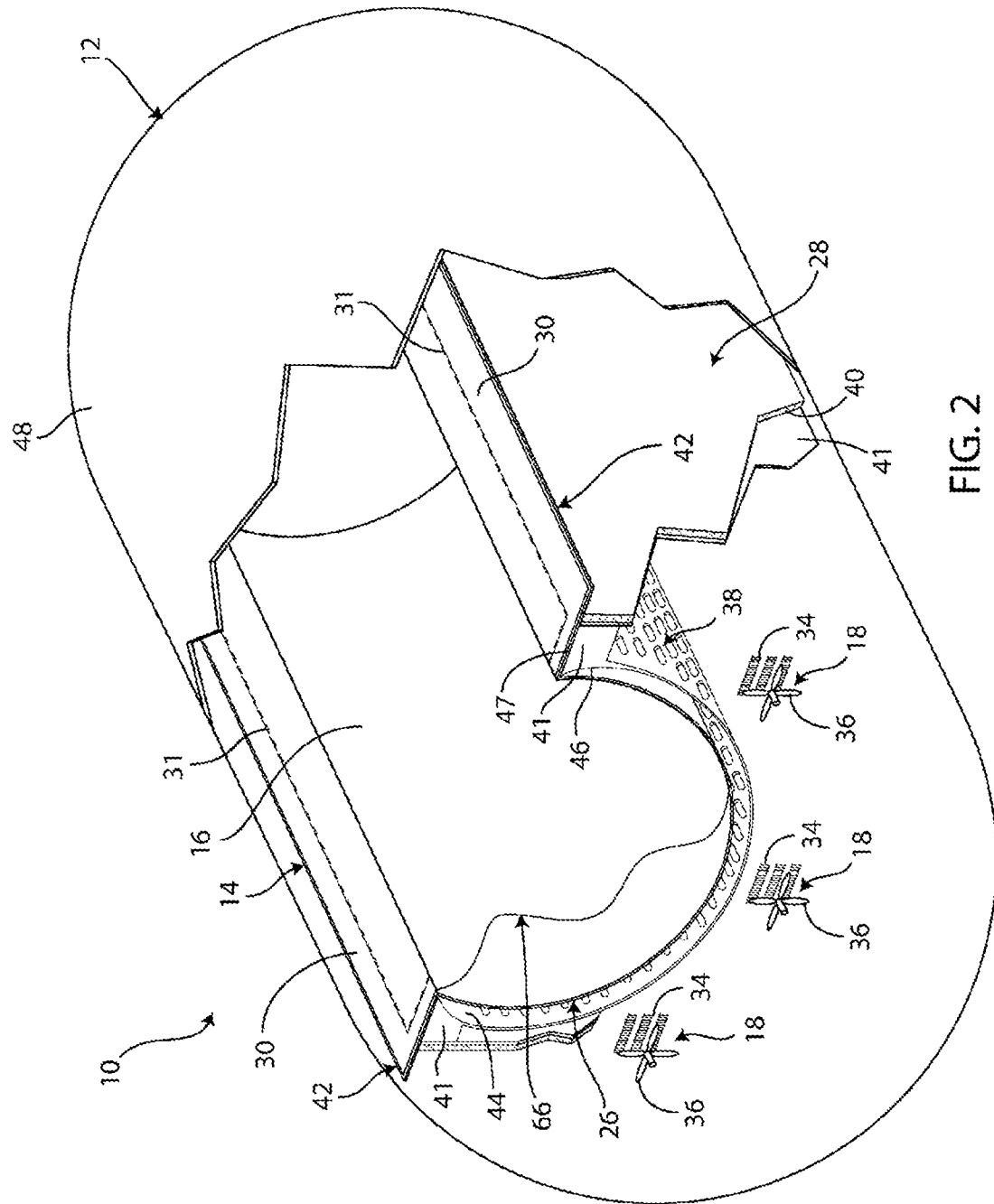
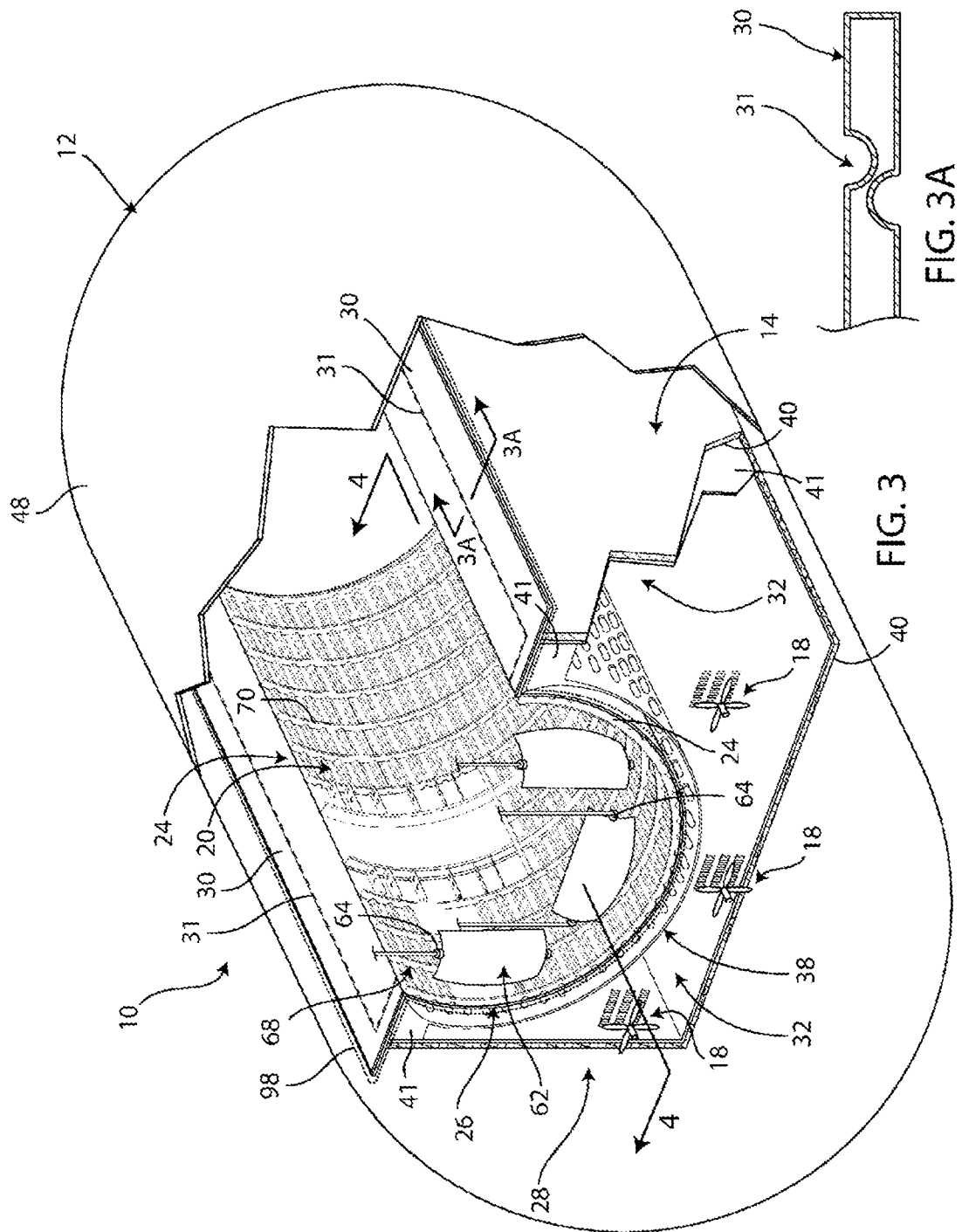
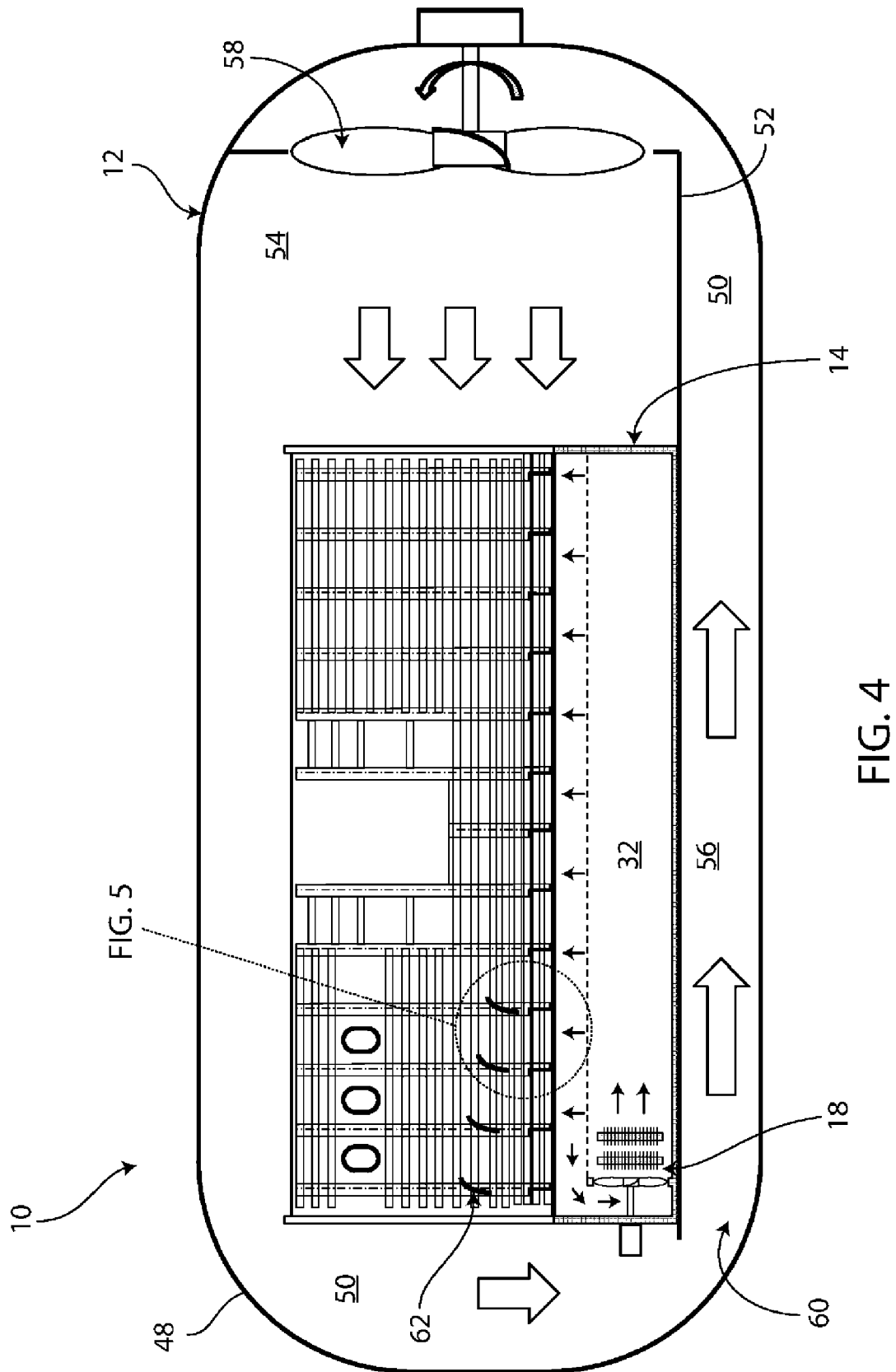
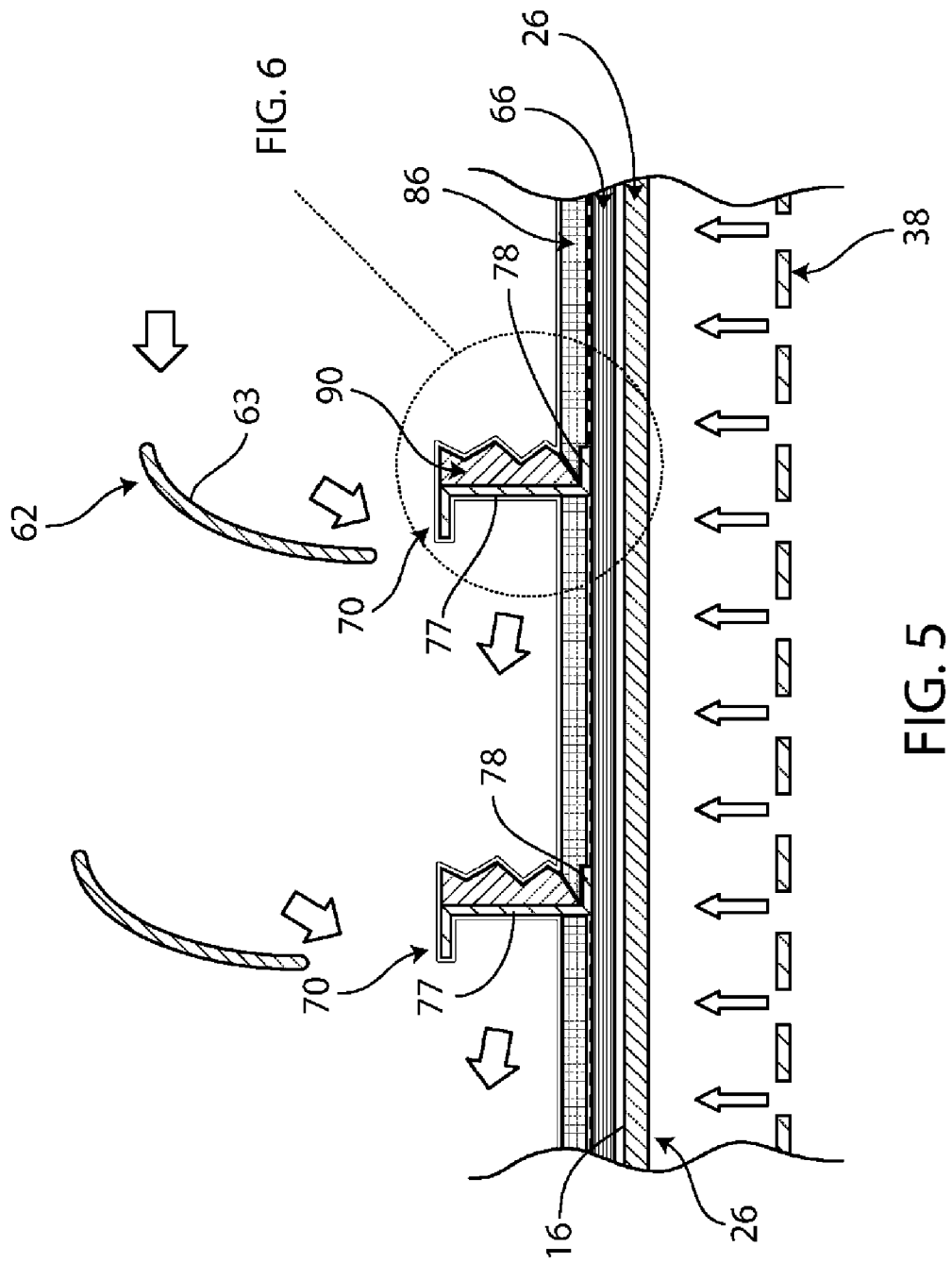
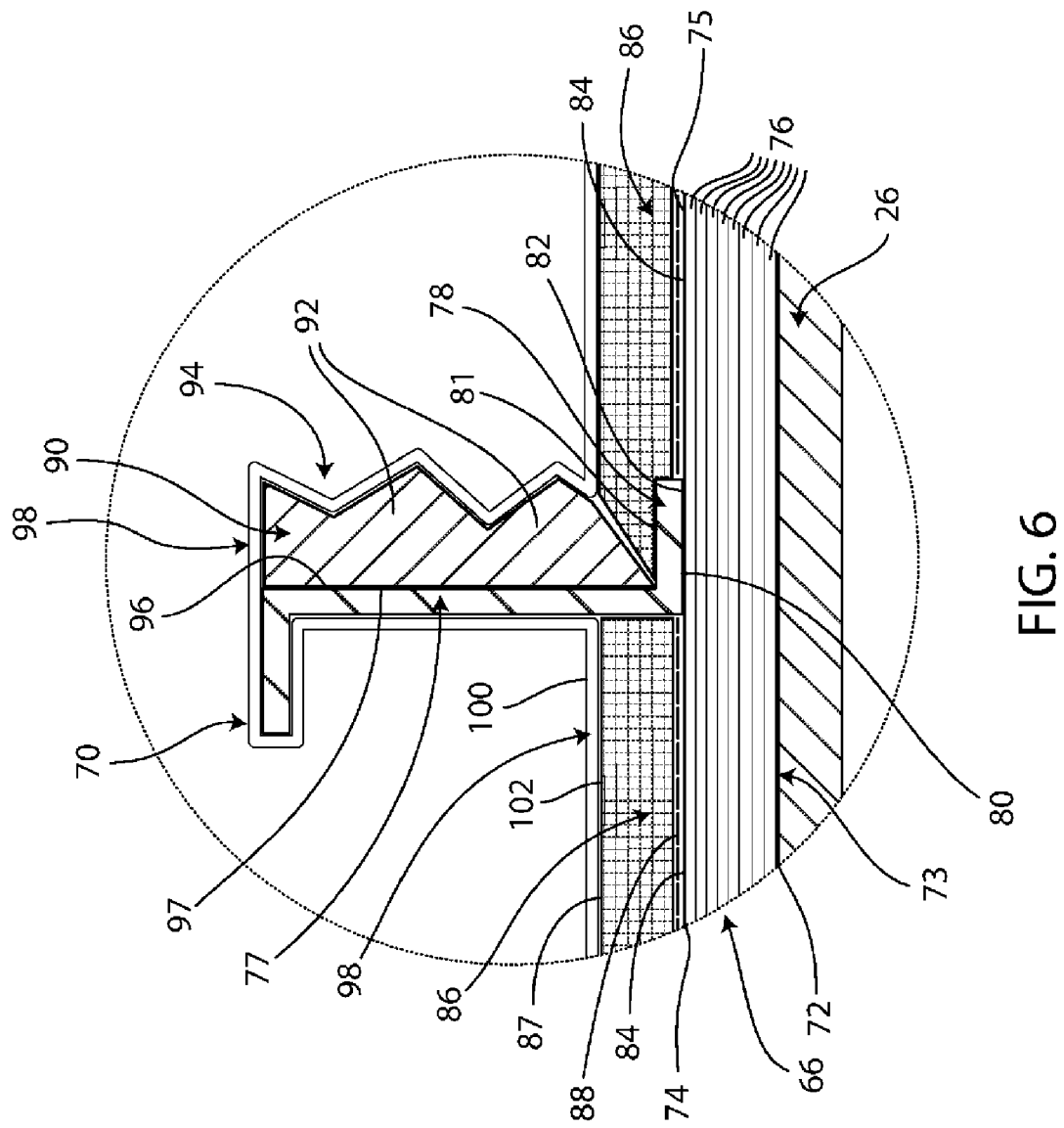


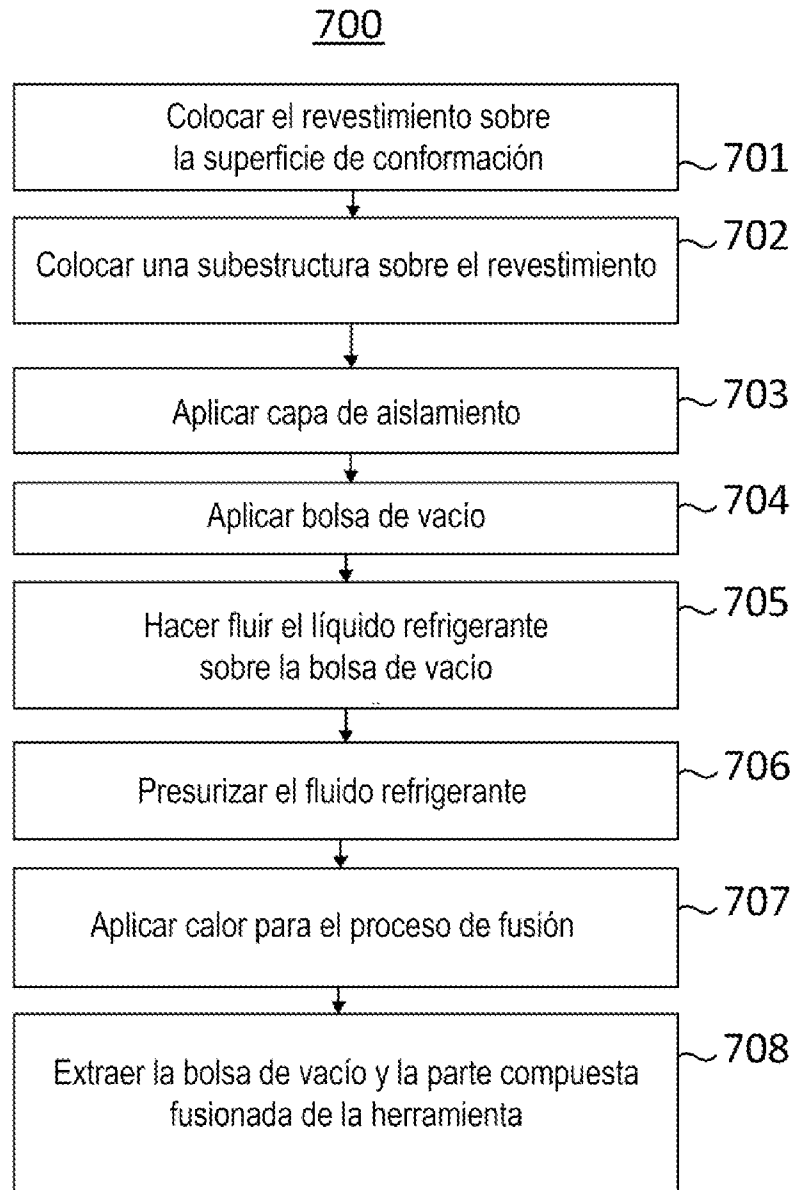
FIG. 2











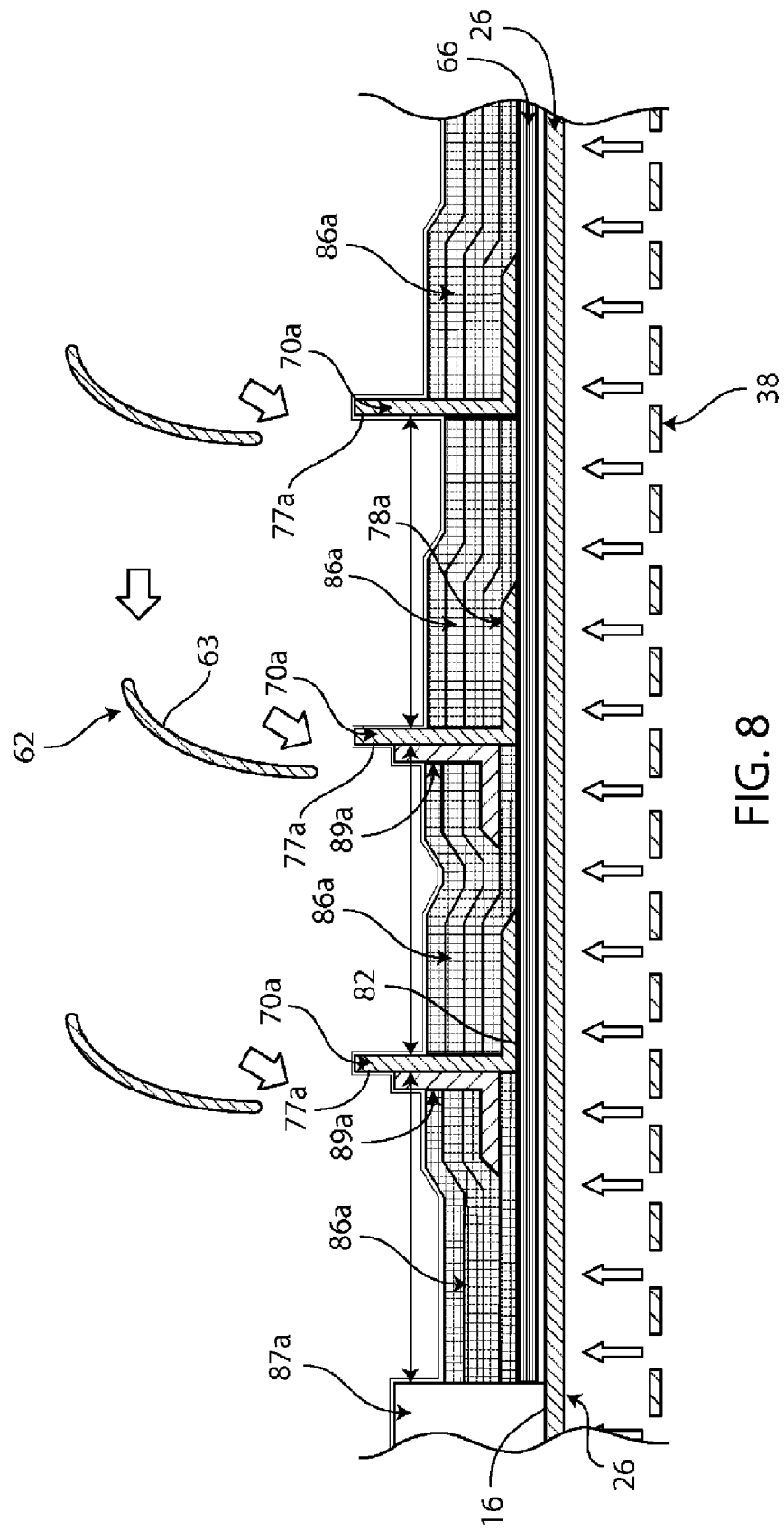


FIG. 8