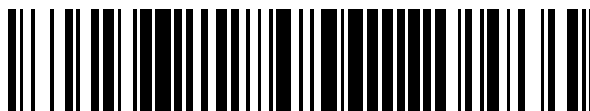


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 781 827**

51 Int. Cl.:

B29C 70/12 (2006.01)
B29C 70/46 (2006.01)
B29C 45/00 (2006.01)
B29C 45/02 (2006.01)
B29C 45/18 (2006.01)
B29B 11/16 (2006.01)
B29B 11/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.12.2014** **E 14196023 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.02.2020** **EP 2881240**

54 Título: **Método y sistema para moldeo por compresión de piezas termoplásticas reforzadas con fibra**

30 Prioridad:

03.12.2013 US 201314095711
03.12.2013 US 201314095531
03.12.2013 US 201314095693

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.09.2020

73 Titular/es:

THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US

72 Inventor/es:

FISCHER, EDWARD M.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 781 827 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 para moldeo por compresión de piezas termoplásticas reforzadas con fibra

5 Campo

La presente divulgación se refiere en general a la fabricación de piezas termoplásticas reforzadas con fibra, así como ofertas más particularmente con un método y aparato para moldeo por compresión de dichas piezas, especialmente los que tienen formas complejas.

10

Antecedentes

15

En las aeronaves y otras industrias, una variedad de piezas y estructuras se fabrican a partir de materiales compuestos o combinación de materiales compuestos y metales de peso ligero debido a sus relativamente altas relaciones de resistencia a peso. En el caso de piezas que tienen contornos o geometrías relativamente complejas, las piezas a menudo se fabrican utilizando técnicas de colocación de cinta preimpregnada termoestable y curado en autoclave. Los anchos de banda de la cinta preimpregnada o los remolques se colocan uno al lado del otro para formar un laminado múltiple. En aquellas aplicaciones donde la pieza requiere accesorios en las ubicaciones de entrada de carga a lo largo de la pieza, los accesorios metálicos personalizados se mecanizan por separado y luego se sujetan a la pieza de laminado compuesto. Dependiendo de la geometría de la pieza, los rellenos, a veces denominados "fideos", deben instalarse en espacios o cavidades en la pieza para fortalecer las juntas.

20

25

El proceso de laminado de la fabricación de material compuesto descrito anteriormente consume tiempo, mano de obra intensiva y requiere equipo de capital caro, tales como máquinas automáticas de colocación de fibras. Además, estas piezas de laminado compuesto pueden ser más pesadas de lo deseado porque las almohadillas requeridas para el fortalecimiento localizado deben formarse gradualmente, lo que requiere la colocación de materiales de capas adicionales. Además, las piezas de laminado compuesto pueden exhibir sensibilidad a la muesca alrededor de las aberturas en el laminado, como alrededor de los agujeros de aligeramiento que se taladran o cortan en la parte de laminado después de que se haya curado.

30

35

Las piezas termoplásticas que tienen un refuerzo de fibra discontinuo se pueden moldear en una variedad de formas, sin embargo, la capacidad de integrar características de la pieza está limitada debido a la alta viscosidad de la resina termoplástica fundida que limita el flujo de resina. La capacidad de fluir resinas es particularmente limitada cuando las fibras de refuerzo son relativamente largas, el contenido de fibra es alto y las distancias de flujo requeridas son largas. Además, las técnicas de moldeo, como el moldeo por inyección, pueden tender a dañar las fibras, lo que afecta la resistencia de la pieza moldeada. Otras técnicas de moldeo, como el moldeo por extrusión, se limitan a producir una sola pieza recta que tiene una forma de sección transversal uniforme.

40

45

El documento EP0376472A2 describe un material de placa compuesta termoplástica que comprende una resina termoplástica que tiene una viscosidad de fusión de 1,000-15,000 poises y piezas de tiras rectangulares, cada una construida de fibras de refuerzo orientadas unidireccionalmente y cada una con la relación del ancho a la longitud dentro de rangos específicos. El documento US4029841A describe un proceso para moldear un artículo que tiene porciones preseleccionadas formadas de diferentes materiales plásticos orgánicos. El documento US2954586A describe un método y aparato para moldeo por inyección mediante el uso de materiales "empaquetados". El documento US4969971A describe un aparato para producir lotes de un material termoplástico reforzado con fibra moldeable adaptado a una moldura.

50

De acuerdo con lo anterior, existe la necesidad de un método y un aparato para fabricar piezas compuestas que tengan curvas, contornos o geometrías complejas que eviten la necesidad de colocar láminas, y que reduzcan la mano de obra táctil y el costoso equipo de capital. También existe la necesidad de piezas compuestas con geometrías complejas que tengan características y accesorios integrados que puedan fabricarse rápida y económicamente en entornos de producción de alta velocidad.

Resumen

55

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un método de acuerdo con la reivindicación 1. De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un sistema según la reivindicación 7.

60

65

Las realizaciones divulgadas proporcionan un método y aparato para producir piezas de material compuesto utilizando el moldeo por compresión de las resinas de termoplástico reforzado con fibras discontinuas. Las piezas compuestas que tienen contornos, curvas y/o geometrías complejas pueden fabricarse sin la necesidad de envasado al vacío y procesamiento en autoclave. Los accesorios se pueden integrar en las piezas, lo que reduce o elimina la necesidad de fabricar y unir por separado los accesorios a las piezas. La mano de obra táctil requerida para la fabricación se reduce, y el peso total de la pieza puede disminuir. Las piezas con geometrías complejas se pueden fabricar de manera más rápida y económica utilizando equipos de moldeo relativamente económicos. Las piezas termoplásticas reforzadas que tienen un alto contenido de fibras discontinuas pueden moldearse de forma económica y sin dañar sustancialmente las fibras durante el proceso de moldeo. Se pueden lograr largas distancias de flujo de resina para permitir moldear características

complejas de la pieza en cualquier punto a lo largo de la pieza. Se hacen posibles piezas termoplásticas reforzadas alargadas que tienen secciones transversales que varían en geometría a lo largo de su longitud, incluyendo cambios en tamaño, grosor y curvatura.

5 De acuerdo con una realización divulgada, útil para comprender la presente invención, se proporciona un método de moldeo por compresión de una parte termoplástica reforzada con fibra alargada. El método comprende cargar una carga de molde, que incluye cargar una cantidad de escamas de resina termoplástica reforzada con fibra, y calentar la carga de molde hasta que la carga de molde sea fluida. La carga del molde puede realizarse cargando la cantidad de escamas de resina termoplástica reforzada con fibra en un cilindro. Calentar la carga del molde incluye calentar las escamas de resina termoplástica reforzada con fibra hasta una temperatura de fusión de la resina. El método también incluye calentar un molde y moldear la carga del molde en una parte. La carga del molde se moldea en la pieza inyectando la carga del molde fluido en el molde calentado. El método incluye además enfriar el molde hasta que la carga del molde sea capaz de retener su forma, después de lo cual la carga del molde moldeado puede eliminarse del molde. El enfriamiento se logra enfriando el molde a una temperatura que está por debajo de la temperatura de transición vítrea de la resina en las escamas. El calentamiento de la carga del molde a la temperatura de fusión de la resina en las escamas hace que la carga del molde se vuelva fluida. La carga del molde se puede consolidar previamente y cargar en un cilindro que se calienta y se usa para inyectar la carga de molde fluida en el molde calentado. La carga del molde se puede consolidar previamente en un casquillo que se puede almacenar hasta que esté lista para su uso. Cargar la carga del molde incluye cargar el casquillo. La consolidación previa puede lograrse colocando la cantidad de escamas de resina reforzada con fibra en una cámara, calentar las escamas reforzadas con fibra a una temperatura de fusión de una resina en las escamas reforzadas con fibra hasta que se adhieran entre sí mientras las comprime y luego enfriar el casquillo hasta que las escamas formen una forma deseada que pueda manipularse y almacenarse. Cuando está listo para su uso, los casquillos previamente consolidados se cargan en el cilindro de carga y se vuelven a calentar a la temperatura de fusión de la resina.

25 De acuerdo con otra forma de realización, útil para comprender la presente invención, se proporciona un método de moldeo por compresión de una pieza de material compuesto termoplástico que tiene al menos un accesorio integral. Una carga de escamas de resina termoplástica reforzada con fibra se consolida previamente y la carga se coloca en un cilindro. El cilindro está acoplado con una herramienta de molde que tiene una cavidad parcial y al menos una cavidad de ajuste. La carga consolidada previamente se calienta dentro del cilindro para formar una mezcla fluida de resina termoplástica y fibras de refuerzo. La mezcla fluida fluye hacia la cavidad de la pieza y la cavidad de ajuste comprimiendo la mezcla fluida dentro del cilindro. La consolidación previa de la carga se puede lograr colocando una cantidad de escamas de resina termoplástica reforzada con fibra en un tubo, calentando las escamas termoplásticas reforzadas con fibra hasta que se ablanden y se adhieran entre sí, y comprimiendo las escamas termoplásticas reforzadas con fibra calentada en un casquillo. El casquillo se coloca en el cilindro y se comprime mediante un pistón en el cilindro para inyectar una mezcla fluida de resina y fibras en la herramienta del molde. Opcionalmente, un módulo de molde que tiene una cavidad de ajuste se puede unir a la herramienta de molde para moldear un accesorio integral con la pieza.

De acuerdo con todavía otra realización, útil para comprender la presente invención, se proporciona un aparato para moldear por compresión una parte de resina de plástico de fibra reforzada. El aparato comprende una herramienta de molde que tiene una cavidad parcial, y un cilindro acoplado con la cavidad parcial y adaptado para contener una carga consolidada previamente de escamas de resina termoplástica reforzada con fibra. El aparato también incluye un calentador para calentar la carga consolidada previamente en una mezcla fluida de resina y fibras de refuerzo, y un pistón en el cilindro. Un actuador acoplado con el pistón fuerza al pistón a comprimir la mezcla fluida y fuerza la mezcla fluida dentro de la cavidad de la pieza. La herramienta de molde puede incluir un módulo de molde que tiene una cavidad de ajuste de molde para moldear un accesorio integral con la pieza. El módulo de molde puede ser extraíble de la herramienta de molde. La cavidad parcial puede ser alargada e incluir un eje longitudinal, y el cilindro puede incluir un eje longitudinal generalmente alineado axialmente con el eje longitudinal de la cavidad parcial. El calentador comprende una pluralidad de bandas de calentamiento que rodean el cilindro para calentar el cilindro. El aparato puede comprender además una herramienta para consolidar previamente la carga en un casquillo generalmente cilíndrica. La herramienta incluye un tubo en el que se puede introducir una cantidad de escamas de resina termoplástica reforzada con fibra. Uno o más calentadores de banda están envueltos sobre el tubo para calentar el tubo. Se puede introducir una masa en el tubo para comprimir las escamas de resina termoplástica reforzada con fibra bajo la fuerza de gravedad que actúa sobre la masa.

Las características, funciones y ventajas se pueden lograr de forma independiente en diversas realizaciones de la presente divulgación o se pueden combinar en otras realizaciones más en las que se pueden ver más detalles con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Breve descripción de los dibujos

60 Los rasgos novedosos considerados característicos de las realizaciones ilustrativas se exponen en las reivindicaciones adjuntas. Sin embargo, las realizaciones ilustrativas, así como un modo de uso preferido, objetivos adicionales y ventajas de los mismos, se entenderán mejor haciendo referencia a la siguiente descripción detallada de una realización ilustrativa de la presente divulgación cuando se lee junto con los dibujos adjuntos, en los que:

65 La figura 1 es una ilustración de una vista lateral esquemática de un aparato para moldear por compresión piezas termoplásticas reforzadas con fibra.

La figura 2 es una ilustración del área designada como "figura 2" en la figura 1.

La figura 3 es una ilustración de una de las escamas en una carga de molde colocada en el aparato que se muestra en la figura 2.

La figura 4 es una ilustración de una escama teniendo una forma alternativa.

La figura 5 es una ilustración de una vista en perspectiva de una viga en I termoplástica reforzada con fibra que tiene un accesorio de extremo integral.

La figura 6 es una ilustración de una vista en perspectiva de una viga hueca termoplástica reforzada con fibra que tiene accesorios integrales.

La figura 7 es una ilustración de una vista en perspectiva del extremo de un marco en T termoplástico reforzado con fibra.

La figura 8 es una ilustración de una vista en perspectiva del extremo de un larguero de sombrero termoplástico reforzado con fibra.

La figura 9 es una ilustración de una vista en perspectiva de un aparato para moldear por compresión piezas termoplásticas reforzadas con fibra, una herramienta de molde modular parcialmente en explosión para revelar un inserto de molde, partes de uno de los calentadores de banda separados en sección para mostrar mejor un cilindro de carga.

La figura 10 es una ilustración de una vista en perspectiva de un casquillo termoplástica consolidada previamente utilizada en el aparato que se muestra en la figura 9.

La figura 11 es una ilustración de una vista en perspectiva, en despiece ordenado, de la herramienta de molde que forma parte del aparato que se muestra en la figura 9.

La figura 12 es una ilustración de una vista esquemática de una realización alternativa del aparato para moldear por compresión piezas termoplásticas reforzadas con fibra.

La figura 12A es una ilustración de una vista esquemática de otra realización alternativa del aparato para moldear por compresión piezas termoplásticas reforzadas con fibra.

La figura 13 es una ilustración de una vista isométrica de un aparato para producir el casquillo que se muestra en la figura 10.

La figura 14 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método para moldear por compresión piezas de plástico reforzado con fibra.

La Figura 15 es una ilustración de un diagrama de flujo de la producción de aeronaves y la metodología de servicio.

La figura 16 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave.

Descripción detallada

Con referencia a las Figuras 1 y 2, las realizaciones divulgadas se refieren al aparato 20 para moldear por compresión cualquiera de una variedad de partes 42 alargadas de resina termoplástica (Figuras 5-8) que están reforzadas con fibras discontinuas. El aparato 20 incluye en general una herramienta 26 de molde alargado y un cilindro 28 de carga adaptado para contener una carga 22 que comprende una cantidad de escamas 24 de compuesto termoplástico (TPC) que se han consolidado previamente. Como se usa en este documento, "escamas" "escamas de TPC" y "escamas de fibra" se refieren a piezas individuales, fragmentos, rodajas, capas o masas de resina termoplástica que contienen fibras adecuadas para reforzar una parte 42. Un actuador 34, que puede comprender, sin limitación, un motor hidráulico, está acoplado por una varilla 32 de empuje con un pistón 30 dentro del cilindro 28 de carga. El cilindro 28 de carga puede estar acoplado con un extremo de la herramienta 26 de molde por un puerto 36 de inyección para permitir una carga 22 fundida ser inyectado en una cavidad 27 de la pieza del molde en la herramienta 26 de molde. En otras realizaciones, discutidas a continuación, el cilindro 28 de carga puede estar directamente acoplado a la herramienta 26 de molde. La herramienta 26 de molde puede incluir al menos una ventilación 55 de aire para permitir escape de aire de la cavidad 27 de la pieza del molde cuando se inyecta una carga 22 fundida en la cavidad 27 de la pieza del molde.

La figura 2 muestra una agrupación de escamas 24 de TPC utilizadas para formar la carga 22 consolidada previamente, y la figura 3 muestra una sola de las escamas 24 de TPC. En el ejemplo ilustrado, útil para comprender la presente divulgación, pero no caer dentro del alcance de las reivindicaciones, cada una de las escamas 24 de TPC tiene una forma generalmente rectangular, larga y delgada en la que las fibras 35 de refuerzo tienen sustancialmente la misma longitud L

y una anchura W. Sin embargo, en otros ejemplos, las escamas 24 de TPC pueden tener otras formas, y las fibras 35 de refuerzo pueden variar en longitud L.

Por ejemplo, la Figura 4 ilustra una escama 24 TCP que tiene una forma generalmente ovalada, lo que resulta en las fibras 35 que tienen diferentes longitudes L. La presencia de fibras 35 que tienen diferentes longitudes puede ayudar en la consecución de una distribución más uniforme de las fibras 35 en la parte 42, mientras promueve propiedades mecánicas isotrópicas y/o fortalece la parte 42. En algunas realizaciones, la carga 22 consolidada previamente puede formarse utilizando una mezcla de escamas 24 de TPC que tienen diferentes tamaños y/o formas. En una realización, las fibras 35 pueden tener una longitud de aproximadamente 1.27 cm (0.5 pulgadas) hasta o mayor que aproximadamente 2.54 cm (1.0 pulgadas).

La relación de la resina a las fibras 35 en cada una de las escamas 24 puede ser relativamente alta, resultando en una mezcla fluida de fibras 35 y resina fundida que tienen un contenido de fibra que es mayor que 30% y que tal vez hasta o más del 65% de la mezcla, en volumen.

La resina termoplástica en las escamas 24 puede comprender una viscosidad relativamente alta de resina termoplástica tal como, sin limitación, PEI (polieterimida) PPS (sulfuro de polifenileno), PES (polietersulfona), PEEK (polieteretercetona), PEKK (polieteretercetona), y PEKK-FC (polietercetonaacetona-grado fc), por nombrar solo algunos. Las fibras 35 de refuerzo en las escamas 24 pueden ser cualquiera de una variedad de fibras de alta resistencia, tales como, sin limitación, fibras de carbono, metal, cerámica y/o vidrio.

Con referencia nuevamente a la Figura 1, el aparato 20 puede incluir un dispositivo de calentamiento adecuado, tal como, sin limitación, bobinas 23 de calentamiento por resistencia eléctrica integradas o un dispositivo de calentamiento similar, que calienta la carga 22 en el cilindro 28 de carga hasta que la resina ingrese las escamas 24 se funden y forman una mezcla fluida de resina termoplástica y fibras 35 de refuerzo discontinuas orientadas al azar. El pistón 30 accionado por el actuador 34 se mueve a través del cilindro 28 para comprimir la carga 22, y forzar la mezcla fundida de resina y fibras 35 para que fluya 38 a través del puerto 36 de inyección y dentro de la cavidad 27 de la pieza del molde de la herramienta 26 de molde. La herramienta 26 de molde se calienta y enfría utilizando pasajes 25 internos de fluido +63de calentamiento/enfriamiento (Figura 1), sin embargo, se pueden usar otras técnicas de calentamiento del molde 7como calentamiento resistivo eléctrico o calentamiento inductivo.

Opcionalmente, el aparato 20 puede tener uno o más módulos 40 de molde permanente o desmontable unido a la herramienta 26 de molde. Cada uno de los módulos 40 de molde incluye una cavidad 29 de ajuste de molde junto con la cavidad 27 de molde de parte para el moldeo de un accesorio correspondiente u otra característica integral con la parte 42, tal como características de las partes 42 mostradas en las Figuras 5, 6, 7 y 8 discutidas a continuación. Cada uno de los módulos 40 de molde puede retirarse y reemplazarse con otro módulo 40a de molde, permitiendo así que los accesorios con diferentes tamaños o formas se moldeen integralmente con la parte 42, y acomodar los cambios de diseño locales.

Las figuras 5-8 ilustran partes 42 alargadas a modo de ejemplo que pueden ser moldeadas por compresión utilizando el método 20 y aparato divulgados. La parte 42 mostrada en la Figura 5 es una viga en I que tiene un accesorio 52 de 2 puntos de agarre moldeados integralmente en un extremo del mismo. La viga en I comprende una banda 48 moldeada integralmente con tapas 44, 46 superior e inferior respectivamente. Puede ser posible moldear integralmente los orificios 50 de aligeramiento en la banda 48, aunque los orificios 50 de aligeramiento pueden perforarse o perforarse a través de la banda 48 después de que se produzca la viga en I.

La parte 42 que se muestra en la Figura 6 es una viga hueca que tiene una sección transversal generalmente rectangular y un interior 56 abierto sustancialmente en toda su longitud. Los accesorios 58, 60, 62, 64 están formados integralmente con y a lo largo de una pared 65 de la viga. La figura 7 ilustra una parte 42 que comprende un marco en T que incluye tapas 66, 68 superiores e inferiores formadas integralmente con una banda 70 de conexión. La tapa 66 superior incluye un par de ranuras 72 que se extienden a lo largo de toda la longitud del marco en T que están adaptadas, por ejemplo, para recibir y montar miembros del panel (no se muestran). La figura 8 ilustra aún otra parte 42 moldeada por compresión, que comprende un larguero de tipo sombrero. El larguero del sombrero incluye una porción 74 de sombrero moldeada integralmente con una brida 76. Cabe señalar aquí que, aunque las partes 42 mostradas en las Figuras 5-8 son sustancialmente rectas, cualquiera de ellas puede tener una o más curvas o contornos a lo largo de sus longitudes. Además, de lo anterior se puede apreciar que la parte 42 puede tener una forma en sección transversal que varía a lo largo de la longitud de la parte 42.

Se dirige ahora la atención a las figuras 9, 10 y 11, que ilustran otra realización de un aparato 20 para moldeo por compresión de partes 42 de resina termoplástica reforzada con fibras 35 discontinuas (Figura 3). En este ejemplo, el accionador 34 comprende un accionador 34 accionado hidráulicamente que desplaza linealmente un pistón 30 recibido dentro de un cilindro 28 de carga alargado. Un extremo del cilindro 28 de carga está unido de forma desmontable, como por medio de sujetadores 75, a uno de una herramienta 26 de molde alargada. La herramienta 26 de molde comprende un inserto 86 de molde alargado encerrado dentro de una parte 82 superior de herramienta modular, una parte 84 inferior de herramienta modular y una tapa 92 de extremo que se sujetan o se sujetan de otro modo. El eje longitudinal del cilindro 28 de carga está sustancialmente alineado con el eje 45 longitudinal de la herramienta 26 de molde.

Una pluralidad de calentadores 80 de banda (figura 9) tienen protectores sobre el cilindro 28 de carga para el calentamiento de una carga 22 a una temperatura que es suficiente para fundir la resina en la carga 22 consolidada previamente. Los calentadores 80 de banda pueden comprender, por ejemplo y sin limitación, calentadores de inducción electromagnéticos que emplean “susceptores inteligentes”, sin embargo, se pueden emplear otros dispositivos de calentamiento. La carga 22 es un casquillo 78 de forma cilíndrica (Figura 10) que comprende una mezcla consolidada previamente de resina termoplástica y fibras 35 que se produce utilizando escamas 24 de TPC del tipo descrito previamente. El casquillo 78 puede insertarse en el cilindro 28 de carga desde el extremo abierto del cilindro 28 de carga después de que se haya retirado el pistón 30.

La figura 11 ilustra detalles adicionales de la herramienta 26 de molde en la cual el inserto 86 de molde está particularmente adaptado para moldear por compresión la parte 42 de viga en I que se muestra en la figura 5. El inserto 86 de molde comprende un par de insertos 88 de molde laterales, e insertos 88 superior e inferior que colectivamente forman una cavidad de molde alargada que coincide con la forma de la parte 42 de viga en I. El inserto 86 del molde comprende además insertos 90 superiores, inferiores y un par de insertos 90 laterales que forman colectivamente una cavidad 29 de ajuste de molde (ver figura 1) correspondiente a la forma del accesorio 52 de extremo. Los componentes del inserto 86 de molde se mantienen unidos como un conjunto por la parte 82, 84 superior e inferior modular respectivamente, y la tapa 92 de extremo. La parte superior e inferior de la herramienta 82, 84 modular incluyen bridas 85 a las que el cilindro 28 de carga puede estar unido por sujetadores 75 (Figura 9). La herramienta 26 de molde puede autocalentarse utilizando cualquiera de una variedad de técnicas, tales como bobinas de calentamiento integradas o conductos 25 internos de fluido de calentamiento/enfriamiento (ver Figura 1), o puede calentarse inductivamente. La herramienta 26 de molde puede incluir múltiples salidas 55 de aire a lo largo de su longitud que se comunican con, y permiten el escape de aire desde la cavidad del molde cuando se inyecta una carga 22 en la cavidad del molde.

La realización del aparato 20 se muestra en las Figuras 9-11 se adapta particularmente bien a las piezas de resina de plástico reforzada con fibra de molde de compresión que son alargadas. La alineación de los ejes longitudinales del cilindro 28 de carga y la cavidad 27 de la pieza del molde formada por el inserto 86 del molde fomenta el flujo libre de resina fundida y fibras 35 en y a lo largo de la longitud de la cavidad 27 de la pieza del molde con una resistencia al flujo mínima. Además, el uso del cilindro 28 de carga y su alineación coaxial con la cavidad 27 de la pieza del molde facilita un flujo lineal de resina y fibras sustancialmente sin impedimentos en la cavidad 27 de la pieza del molde, lo que reduce la posibilidad de degradación de las fibras 35 debido a la rotura o deformación, particularmente donde las fibras 35 tienen longitudes relativamente largas.

Con referencia a la Figura 9, en uso, uno o más casquillos 78 consolidados previamente se colocan en el cilindro 28 de carga. El inserto 86 de molde se calienta a una temperatura de moldeo deseada que es suficiente para fundir la resina termoplástica, típicamente entre aproximadamente 650°F y 750°F. El cilindro 28 de carga es calentado por los calentadores 80 de banda para calentar el casquillo 78 a la temperatura de fusión de la resina en las escamas 24. El casquillo 78 fundido forma una mezcla fluida de resina termoplástica y fibras 35. El accionador 34 acciona el pistón 30 a través del cilindro 28 de carga, forzando la mezcla fluida de la resina fundida y las fibras 35 dentro de la cavidad del inserto 86 de molde. Cabe señalar aquí que mientras la carga 22 comprende casquillos 78 consolidados previamente que se cargan individualmente en el cilindro 28 de carga, la carga 22 también puede comprender escamas termoplásticas reforzadas con fibra 24 suelta que pueden o no estar previamente consolidadas.

La compresión del casquillo 78 dentro del cilindro 28 de carga por el pistón 30 comprime el casquillo 78, haciendo que la mezcla fluida de resina/fibra se inyecte en el inserto 86 del molde, y fluya a través de todas las partes de la cavidad 27 de la pieza de molde y cualquier cavidad 29 de ajuste del molde. Se pueden insertar casquillos 78 adicionales, que pueden o no precalentarse, en el cilindro 28 de carga y fundirse durante un ciclo de moldeo para suministrar la cantidad de material necesario para llenar las cavidades 27, 29 de molde. En una realización, por ejemplo, un grupo de casquillos 78 puede colocarse en un horno (no mostrado) y precalentarse hasta cerca de su temperatura de fusión. Los casquillos 78 precalentados pueden entonces retirarse del horno uno por uno y cargarse en el cilindro 28 de carga de una manera casi continua hasta que la cavidad 27 de la pieza del molde y las cavidades 29 de ajuste se hayan llenado por completo. La temperatura y la presión se mantienen en las cavidades 27, 29 de molde hasta que la resina termoplástica fundida cristaliza y se consolida por completo. El enfriamiento de la herramienta 26 de molde puede realizarse utilizando la aplicación de gas comprimido u otras técnicas conocidas.

Dependiendo de la forma y complejidad de la pieza 42 que se va a moldear, puede ser posible o necesario inyectar fibra fundida resina reforzada en la parte de cavidad del molde 27 en más de una ubicación en la herramienta 26 de molde. Por ejemplo, refiriéndose a la Figura 12, una herramienta 26 de molde curvado incluye dos patas 26a, 26b generalmente perpendiculares conectadas por una sección 26c de radio, para moldear por compresión una parte compuesta generalmente en forma de L (no mostrada). En algunos casos, la sección 26c de radio de la herramienta 26 de molde puede presentar cierta resistencia al flujo de la mezcla de resina/fibra fundida si se inyecta solo en un extremo 94 de la herramienta 26 de molde. De acuerdo con lo anterior, el flujo deseado de mezcla de resina/fibra puede lograrse inyectando la mezcla de resina/fibra en dos ubicaciones 94, 96 en la herramienta 26 de molde, utilizando dos juegos del actuador 34, cilindros 28 de carga y cargas separadas en forma de casquillos 78.

La figura 12A ilustra una forma alternativa del aparato 20 en el que el actuador 34 y el cilindro/casquillo 28, 78 están dispuestos a lo largo de un eje 97 que es transversal al eje 99 longitudinal de la cavidad 27 de la parte del molde, y la inyección de resina se produce en una ubicación 96 intermedia entre dos extremos 94 opuestos de la cavidad 27 de la pieza del molde. En algunas realizaciones, la ubicación 96 de inyección intermedia puede estar aproximadamente en el punto medio entre los dos extremos 94 opuestos de la cavidad 27 de la pieza del molde. En esta realización del aparato 20, al inyectar la resina en la cavidad 27 de la parte del molde en una ubicación 96 que es intermedia en dos extremos 94, el flujo de resina se divide y hace que fluya 101 en direcciones opuestas dentro de la cavidad 27 de la parte del molde. Inyectar la resina en la cavidad 27 de pieza de molde en una ubicación 96 intermedia reduce la longitud total que se requiere que fluya la carga 22, lo que puede ser deseable cuando una parte, como la viga 42 mostrada en la Figura 5, tiene una longitud larga. Inyectar la resina en la cavidad 27 de la parte del molde en una ubicación 96 intermedia también puede facilitar el moldeo de una parte 42 alargada que tiene un accesorio en sus extremos opuestos, como el accesorio 52 que se muestra en la Figura 5. Además, la disposición del aparato 20 que se muestra en la Figura 12A, en la que los ejes 97, 99 son transversales entre sí, reduce la longitud total "L" del aparato 20 y da como resultado un diseño más compacto que puede ahorrar espacio en el piso de la fábrica.

La figura 13 ilustra una técnica y una herramienta 95 para fabricar los casquillos 78. Una cámara como un tubo 98 se llena con una carga 22 de las escamas 24 de TPC. Uno o más calentadores 102 de banda, que pueden comprender, por ejemplo y sin limitación, los calentadores de banda cerámica, se envuelven sobre el tubo 98 para calentar las escamas 24 a la temperatura de fusión de la resina en las escamas 24. Al alcanzar esta temperatura de fusión, fluyen juntas las resinas y las escamas 24. En algunos ejemplos útiles para comprender la presente divulgación, pero que no caen dentro del alcance de las reivindicaciones, se pueden usar otras técnicas para calentar las escamas 24 a la temperatura de fusión de la resina, tal como colocar el tubo 98 en un horno (no mostrado). Puede ser posible fundir solo porciones de las escamas 24 de manera que se adhieran entre sí y formen una masa (casquillo 78) capaz de mantener su forma cuando se enfría. Se inserta una masa 100 de compactación de forma cilíndrica en el tubo 98. Cuando las escamas 24 se han calentado a la temperatura de fusión de la resina, la masa 100 comprime las escamas 24, ya sea por fuerza de gravedad o una carga axial aplicada, expulsando el aire desde la carga 22 y haciendo que la resina fundida en las escamas 24 fluya juntas.

Si bien permanece comprimido por la masa 100, las escamas 24 se dejan enfriar, haciendo que la resina que contiene una dispersión de las fibras 35 para consolidar previamente en una sola masa, es decir, el casquillo 78, o consolidar previamente tal que las escamas 24 individuales se adhieren entre sí y mantienen una forma capaz de ser manipulada y almacenada hasta que esté lista para su uso. Se puede quitar una tapa 106 de extremo en el tubo 98 para permitir la extracción del casquillo 78 del tubo 98. Se pueden emplear otras técnicas para aplicar la presión necesaria a la carga 22 para consolidar previamente las escamas 24 fundidas. Por ejemplo, la masa 100 puede comprender un pistón accionado por resorte que se coloca en el tubo 98 para aplicar la fuerza de compresión necesaria a la carga 22. Los casquillos 78 previamente consolidados pueden almacenarse y mantenerse a temperatura ambiente hasta que estén listas para su uso.

Se dirige ahora la atención a la Figura 14, que ilustra en líneas generales los pasos generales de un método de moldeo por compresión de una fibra reforzada, una parte 42 de resina termoplástica, especialmente en la parte 42 alargada que tiene formas y/o accesorios complejos. En 106, la cinta de TPC de hojuelas, típicamente en forma de rollos, se troza y se corta a lo largo en escamas 24 relativamente estrechas. En 108, las hojuelas 24 de TPC se consolidan previamente en casquillos 78 utilizando las técnicas descritas previamente. En el paso 110, el casquillo 78, que puede precalentarse o no, se carga en un cilindro 28 de carga como carga 22. En 112, el casquillo 78 dentro del cilindro 28 de carga se calienta utilizando cualquiera de varias técnicas, tal como calentamiento por inducción a la temperatura de fusión de la resina en el casquillo, volver a fundir efectivamente la resina. Alternativamente, varios de los casquillos 78 se pueden calentar en uno o más grupos a la temperatura de fusión de la resina, como al colocarlas en un horno (no mostrado) hasta que estén listas para su uso. En el paso 113, dependiendo de la forma y geometría de la parte 42, uno o más módulos 40 de molde pueden estar unidos a la herramienta 26 de molde, según se requiera. En el paso 114, la herramienta 26 de molde se calienta al menos a la temperatura de fusión de la resina y se une al cilindro 28 de carga, y a presión 116 se aplica a la carga 22, provocando una mezcla fluida de resina termoplástica fundida y las fibras 35 de refuerzo para fluir dentro de la herramienta 26 de molde. En 118, se pueden insertar sucesivamente casquillos 78 adicionales, uno por uno en el cilindro 28 de carga según sea necesario, recalentar a la temperatura de fusión de la resina antes de la inyección, para llenar todas las cavidades 27, 29 de molde. Al insertar sucesivamente los casquillos 78 de esta manera, se puede usar una pluralidad de casquillos 78 para hacer fluir, casi continuamente, la mezcla de resina/fibra fundida en las cavidades 27, 29 de molde. Por lo tanto, se puede llenar un molde relativamente grande utilizando una serie de casquillos 78.

En 120, la herramienta 26 de molde lleno se mantiene a una temperatura requerida para el crecimiento de cristales y la consolidación de la resina termoplástica. Luego, en 122, la herramienta 26 de molde se enfría rápidamente hasta que la parte 42 es capaz de ser manipulada, y luego se separa del cilindro 28 de carga. Generalmente, la herramienta 26 de molde se enfría a una temperatura que está por debajo de la temperatura de transición vítrea de la resina. Después de que una herramienta 26 de molde se haya separado del cilindro 28 de carga, se puede unir una herramienta 26 de molde diferente al cilindro 28 de carga para moldear por compresión las piezas 42 adicionales. Después de que la herramienta 26 de molde se haya enfriado a 122, se puede desmontar, la parte 42 puede retirarse, y la herramienta 26 de molde puede limpiarse y volverse a montar en preparación para otra operación de moldeo.

Las realizaciones de la divulgación pueden encontrar uso en una variedad de aplicaciones potenciales, particularmente en la industria del transporte, incluyendo, por ejemplo, aplicaciones aeroespaciales, marinas, automotrices y otras aplicaciones donde se pueden usar piezas y componentes compuestos, especialmente aquellos que tienen características complejas o accesorios. Por lo tanto, haciendo referencia ahora a las Figuras 15 y 16, las realizaciones de la divulgación pueden usarse en el contexto de un método 126 de fabricación y servicio de aeronaves como se muestra en la Figura 15 y una aeronave 128 como se muestra en la Figura 16. Las aplicaciones de aeronaves de las realizaciones divulgadas pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, vigas, zancas, perchas y refuerzos, por nombrar solo algunos. Durante la preproducción, el método 126 ejemplar puede incluir la especificación y el diseño 130 de la aeronave 128 y la adquisición 132 de material. Durante la producción, tiene lugar la fabricación 134 de componentes y subconjuntos y la integración del sistema 136 de la aeronave 128. A partir de entonces, la aeronave 128 puede pasar por la certificación y entrega 138 para ser puesta en servicio 140. Mientras está en servicio por un cliente, la aeronave 128 está programada para el mantenimiento y servicio 142 de rutina, que también puede incluir modificación, reconfiguración, restauración, y así sucesivamente.

Cada uno de los procesos de método 126 puede ser realizada o llevada a cabo por un integrador de sistemas, un tercero, y/o un operador (por ejemplo, un cliente). A los fines de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, una empresa de arrendamiento financiero, una entidad militar, una organización de servicios, etc.

Como se muestra en la Figura 16, la aeronave 128 producida por método 126 ejemplar puede incluir un fuselaje 144 con una pluralidad de sistemas 146 y un interior 148. Ejemplos de sistemas 146 de alto nivel incluyen uno o más de un sistema 150 de propulsión, un sistema 152 eléctrico, un sistema 154 hidráulico y un sistema 156 ambiental. Se puede incluir cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la divulgación pueden aplicarse a otras industrias, como las industrias marítima y automotriz.

Los sistemas y métodos incorporados en el presente documento pueden emplearse durante una o más de las etapas del método 126 de producción y servicio. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes al proceso 134 de producción pueden fabricarse o fabricarse de manera similar a los componentes o subensamblajes producidos mientras la aeronave 128 está en servicio. Además, se pueden utilizar una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o una combinación de las mismas durante las etapas 134 y 136 de producción, por ejemplo, agilizando sustancialmente el ensamblaje o reduciendo el coste de una aeronave 128. De manera similar, uno o más realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o una combinación de las mismas pueden utilizarse mientras la aeronave 128 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para mantenimiento y servicio 142.

La descripción de las diferentes formas de realización ilustrativas se ha presentado con fines de ilustración y descripción, y no pretende ser exhaustiva o limitada a las realizaciones en la forma divulgada. Muchas modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la materia sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Además, diferentes realizaciones ilustrativas pueden proporcionar diferentes ventajas en comparación con otras realizaciones ilustrativas. La realización o realizaciones seleccionadas se eligen y describen para explicar mejor los principios de las realizaciones, la aplicación práctica, y para permitir que otros expertos en la materia entiendan la invención para diversas realizaciones con diversas modificaciones como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método de moldeo por compresión de una pieza termoplástica reforzada con fibra alargada, que comprende:
 - la consolidación previa de una cantidad de escamas de resina termoplástica reforzada con fibra en una barra, en la que la consolidación previa de la cantidad de escamas de resina termoplástica reforzada con fibra incluye:
 - colocar la cantidad de escamas de resina termoplástica reforzada con fibra en una cámara (98) tubular, en el que dichas escamas de resina tienen una forma generalmente ovalada;
 - calentar uno o más calentadores de banda envueltos sobre la cámara tubular de modo que las escamas de resina termoplástica reforzada con fibra alcancen la temperatura de fusión de una resina en las escamas de resina termoplástica reforzada con fibra,
 - compactar las escamas de resina termoplástica reforzada con fibra en la cámara en el casquillo insertando la masa (100) de compactación de forma cilíndrica en la cámara (98) tubular, la masa (100) de compactación comprime las escamas de resina termoplástica reforzada con fibra de manera que el aire es expulsado del casquillo y la resina fundida de las escamas de resina termoplástica reforzada con fibra fluye juntas; y
 - enfriar el casquillo hasta que el casquillo sea capaz de retener su forma;
 - cargar el casquillo en un cilindro;
 - calentar el casquillo incluye calentar el cilindro hasta que el casquillo sea fluido;
 - calentar un molde (120);
 - moldear el casquillo en la parte inyectando el casquillo fluido en el molde (116) calentado forzando un pistón a través del cilindro; y
 - enfriar el molde hasta que el casquillo moldeada sea capaz de retener su forma (122).
 2. El método de la reivindicación 1, en el que el enfriamiento del molde incluye enfriar el molde a una temperatura que está por debajo de una temperatura de transición vítrea de resina en las escamas de resina termoplástica.
 3. El método de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el calentamiento del casquillo incluye calentar las escamas de resina termoplástica reforzada con fibra hasta una temperatura de fusión de la resina en las escamas de resina termoplástica reforzada con fibra.
 4. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que la consolidación previa incluye enfriar el casquillo hasta que el casquillo pueda manipularse y almacenarse para su uso posterior.
 5. El método de la reivindicación 4, en el que el enfriamiento incluye enfriar el casquillo suficientemente por debajo de una temperatura de transición vítrea de una resina en el casquillo para hacer que el casquillo mantenga una forma deseada.
 6. El método de la reivindicación 4 o la reivindicación 5, en el que calentar el casquillo incluye recalentar el casquillo (112).
7. Un sistema para moldear por compresión una pieza de resina plástica reforzada con fibra, que comprende:
 - una cantidad de escamas de resina termoplástica reforzada con fibra que tienen una forma (35) generalmente ovalada;
 - una herramienta (95) para la consolidación previa de una cantidad de escamas de resina termoplástica reforzada con fibra en un casquillo, en la que la herramienta incluye:
 - un tubo (98) en el que se puede introducir una cantidad de escamas de resina termoplástica reforzada con fibra;
 - uno o más calentadores (102) de banda envueltos sobre el tubo para calentar el tubo (98); y
 - una masa (100) de compactación de forma cilíndrica configurada para ser insertada en el tubo (98);
 - una herramienta (26) de molde que tiene una cavidad (27) parcial;
 - un cilindro (28) acoplado con la cavidad de la pieza y adaptado para contener el casquillo;
 - un calentador (80) para calentar el casquillo en una mezcla fluida de resina y fibras de refuerzo;

un pistón (30) en el cilindro; y

un actuador (34) acoplado con el pistón para forzar al pistón a comprimir la mezcla fluida y forzar la mezcla fluida dentro de la cavidad parcial.

5

8. El sistema de la reivindicación 7, en el que la herramienta de molde incluye un módulo (40) de molde que tiene una cavidad (29) de ajuste de molde para moldear un accesorio integral con la pieza.

9. El sistema de la reivindicación 7 u 8, en el que:

10

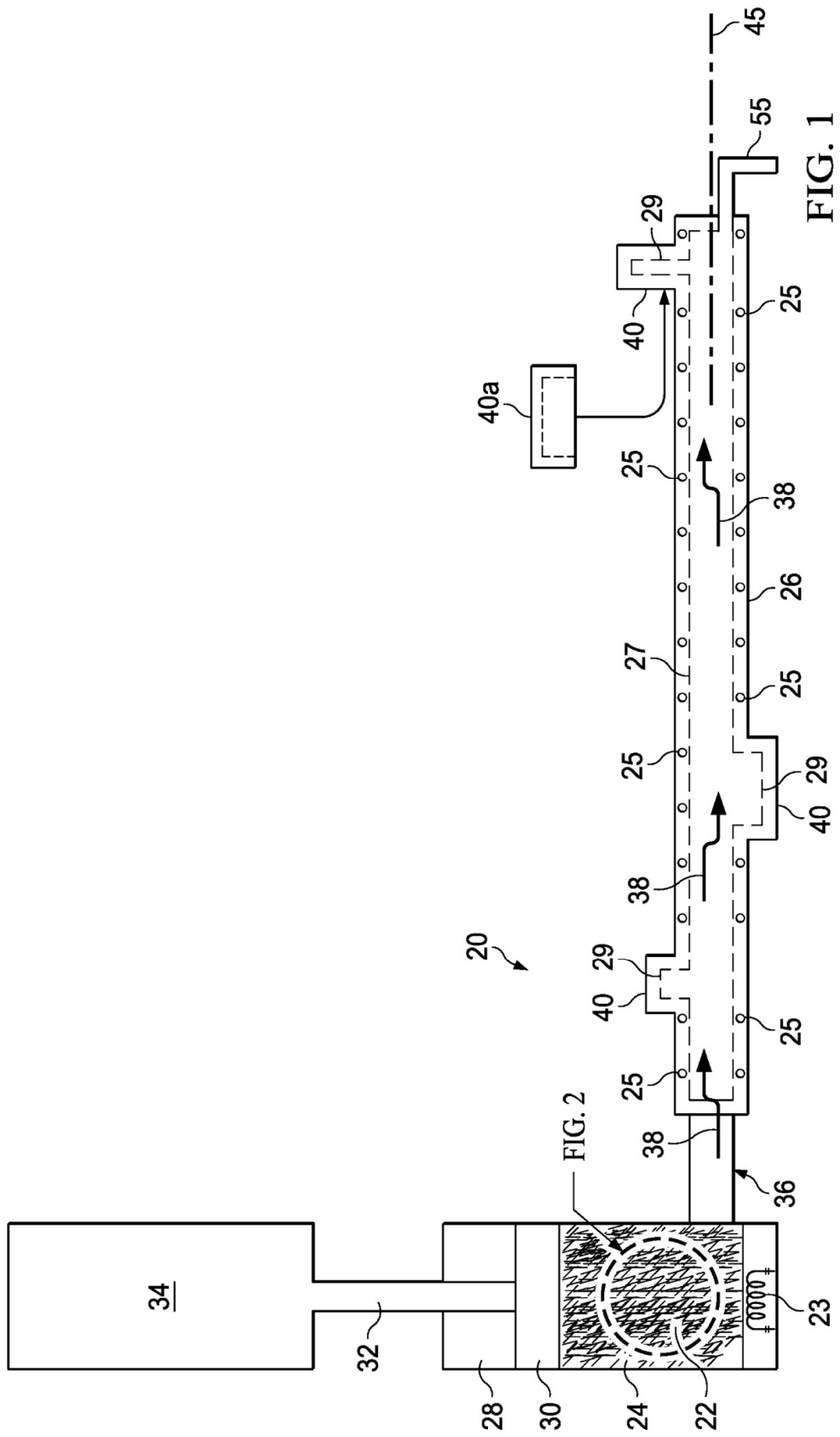
la cavidad parcial es alargada e incluye un eje longitudinal, y

el cilindro incluye un eje longitudinal generalmente alineado axialmente con el eje longitudinal de la cavidad parcial, y está acoplado con la cavidad parcial en un extremo de la cavidad parcial.

15

10. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que la herramienta de molde incluye al menos una ventilación (55) de aire acoplada con la cavidad de la parte y capaz de permitir el escape de aire dentro de la cavidad de la parte desplazada por la mezcla fluida forzada en la cavidad de parte.

20



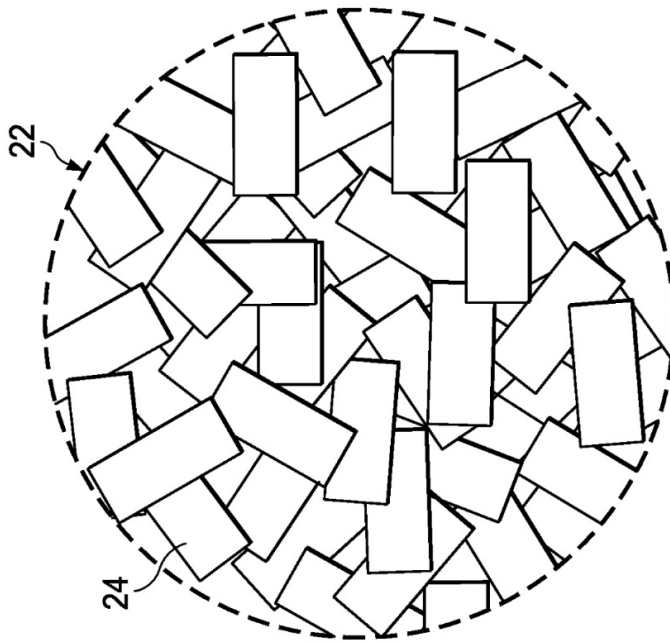


FIG. 2

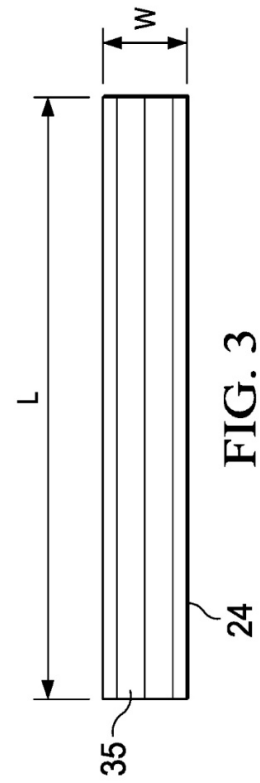


FIG. 3

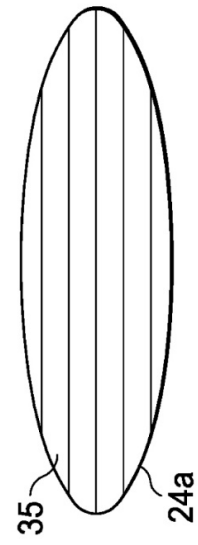
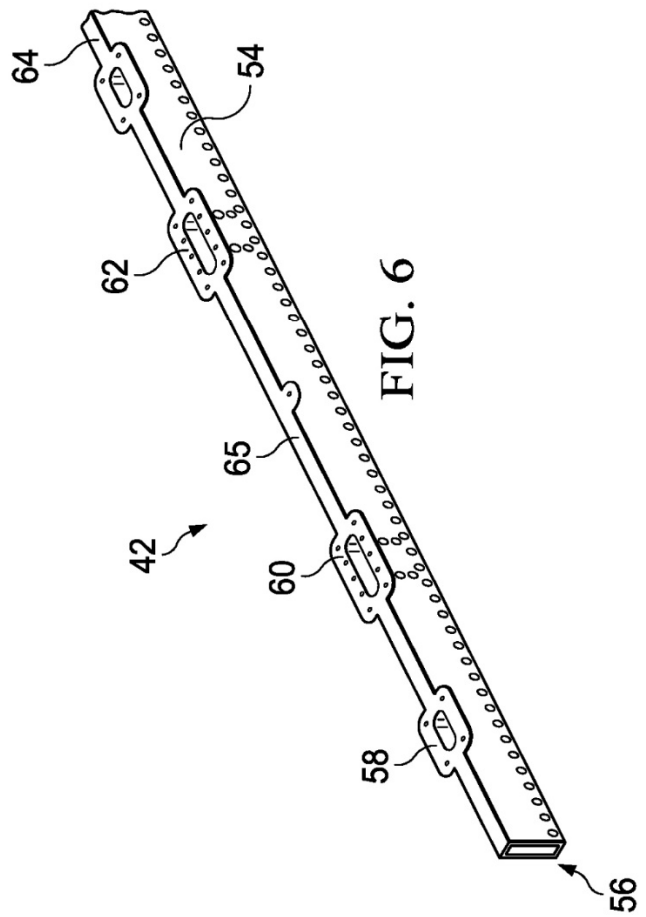
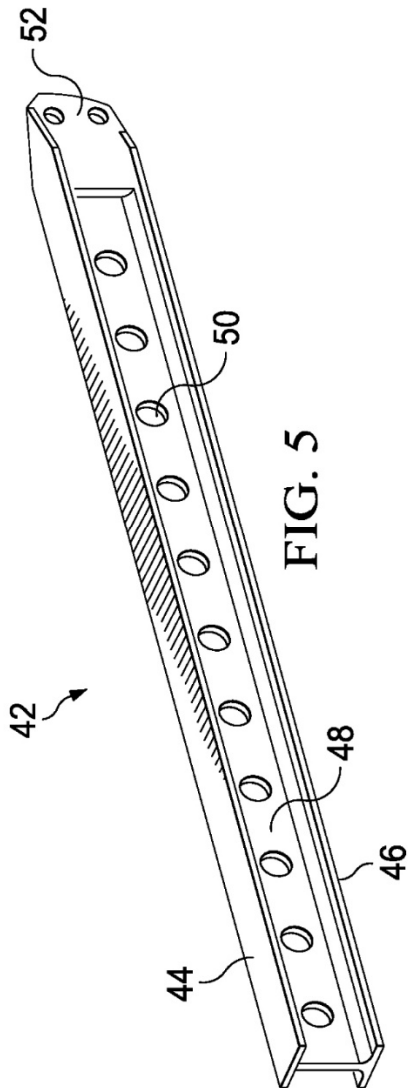
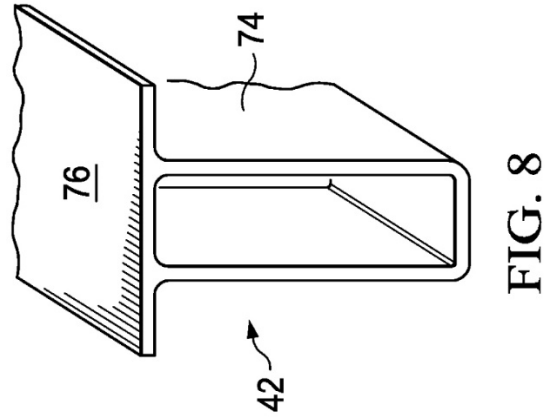
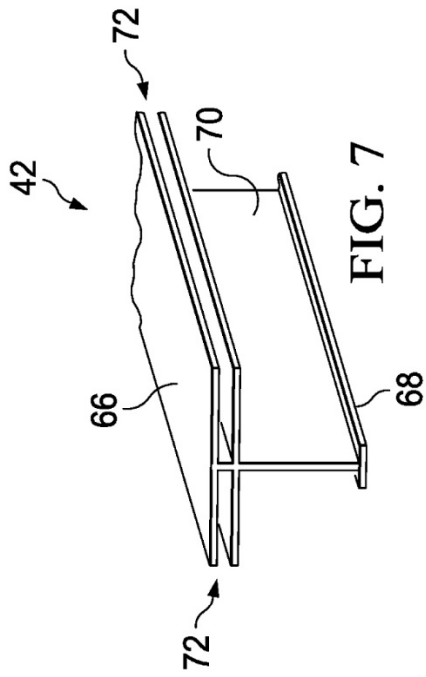


FIG. 4



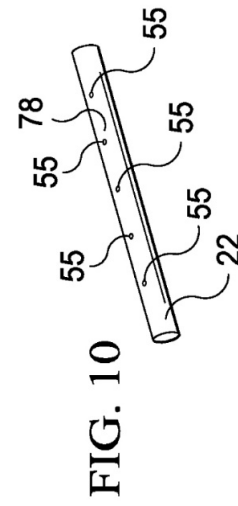
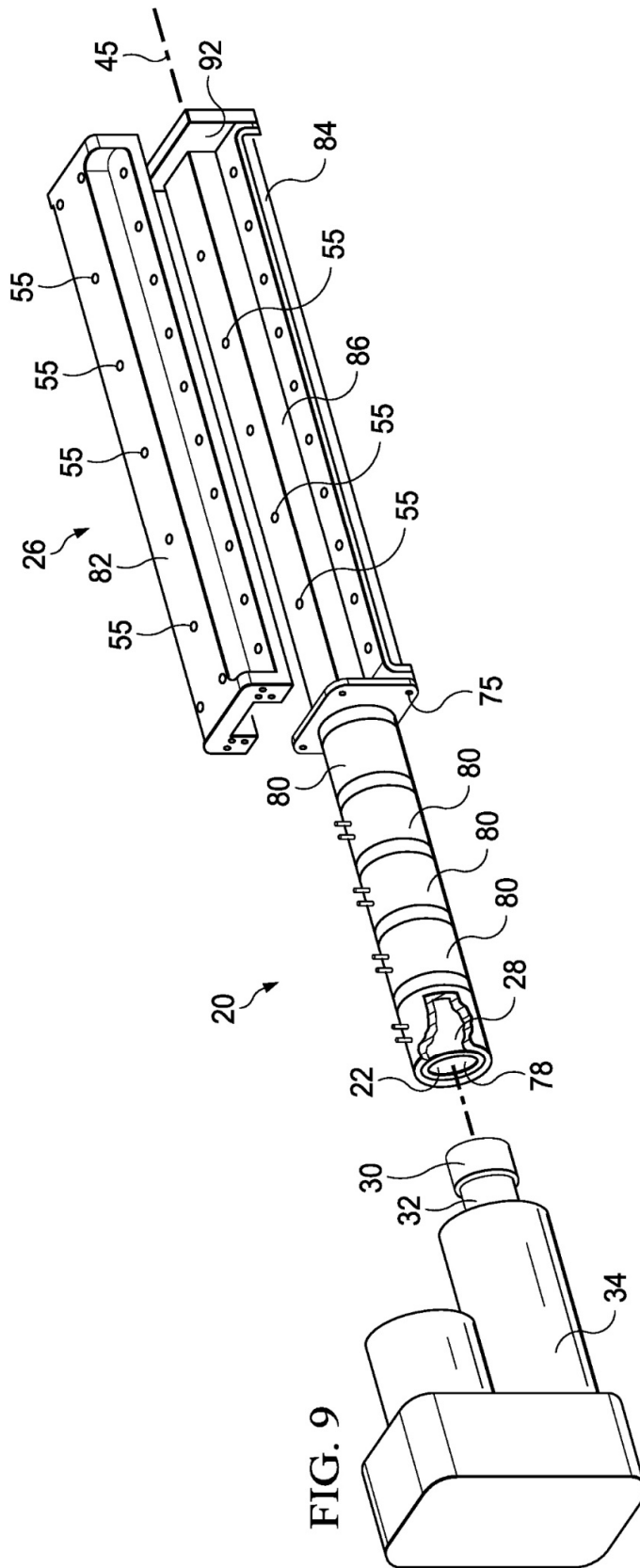


FIG. 11

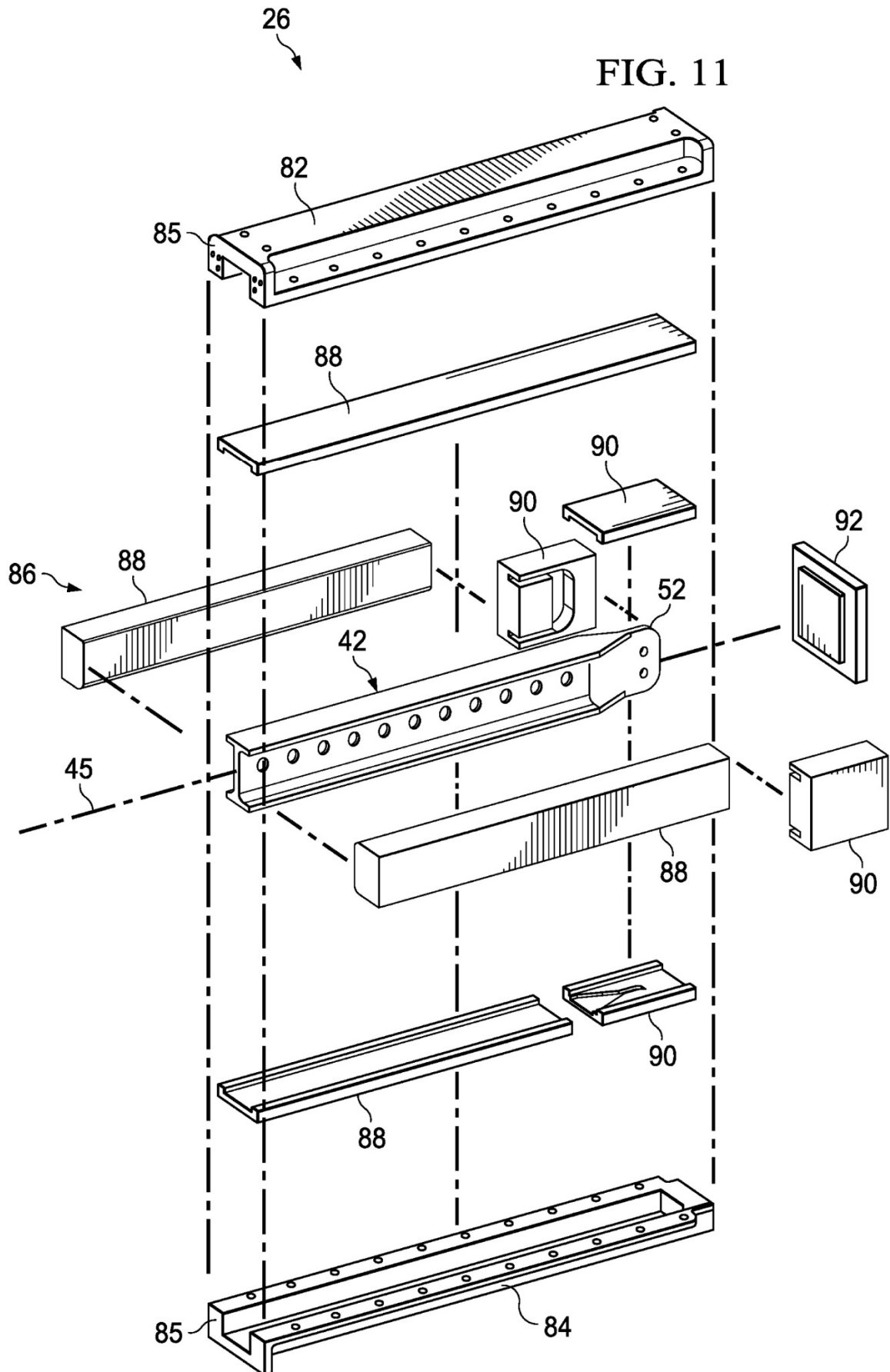


FIG. 12

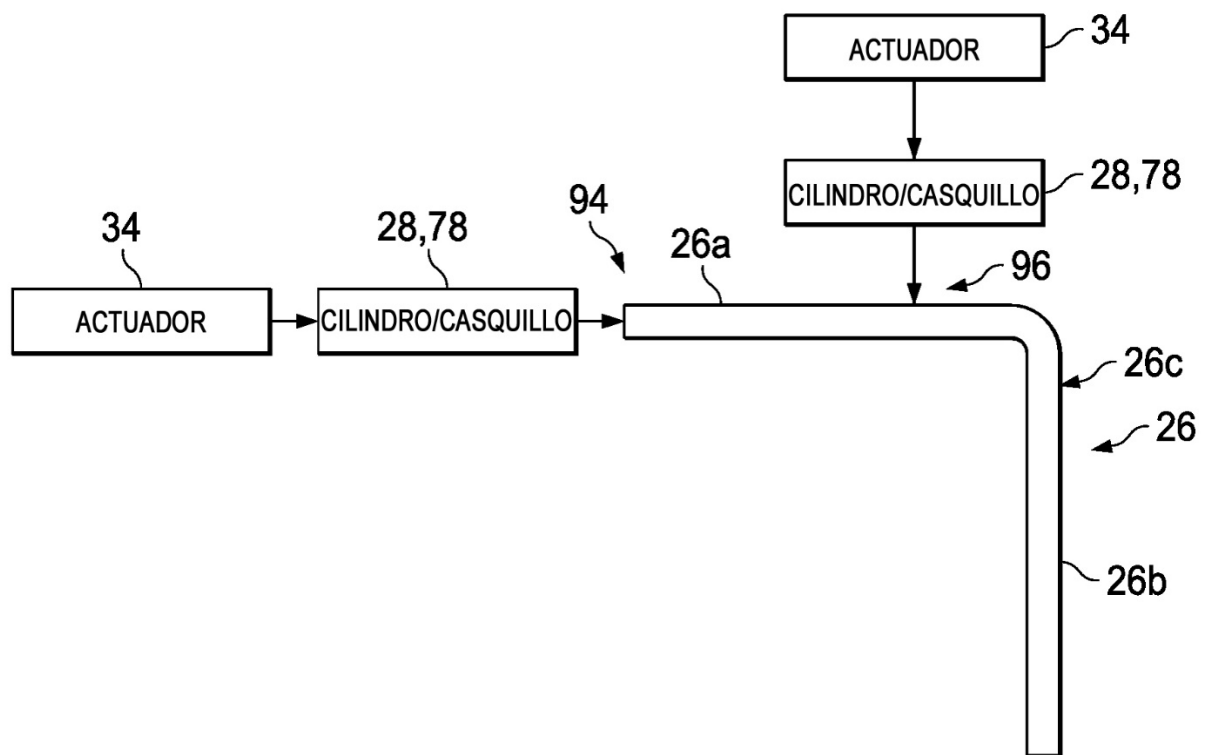
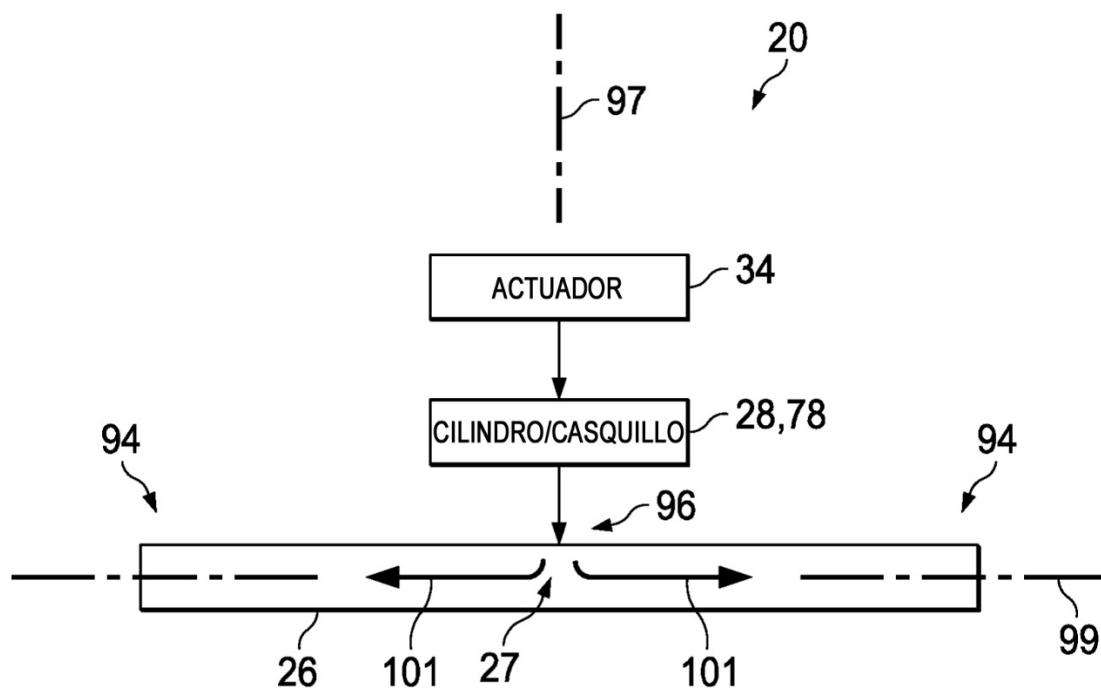


FIG. 12A



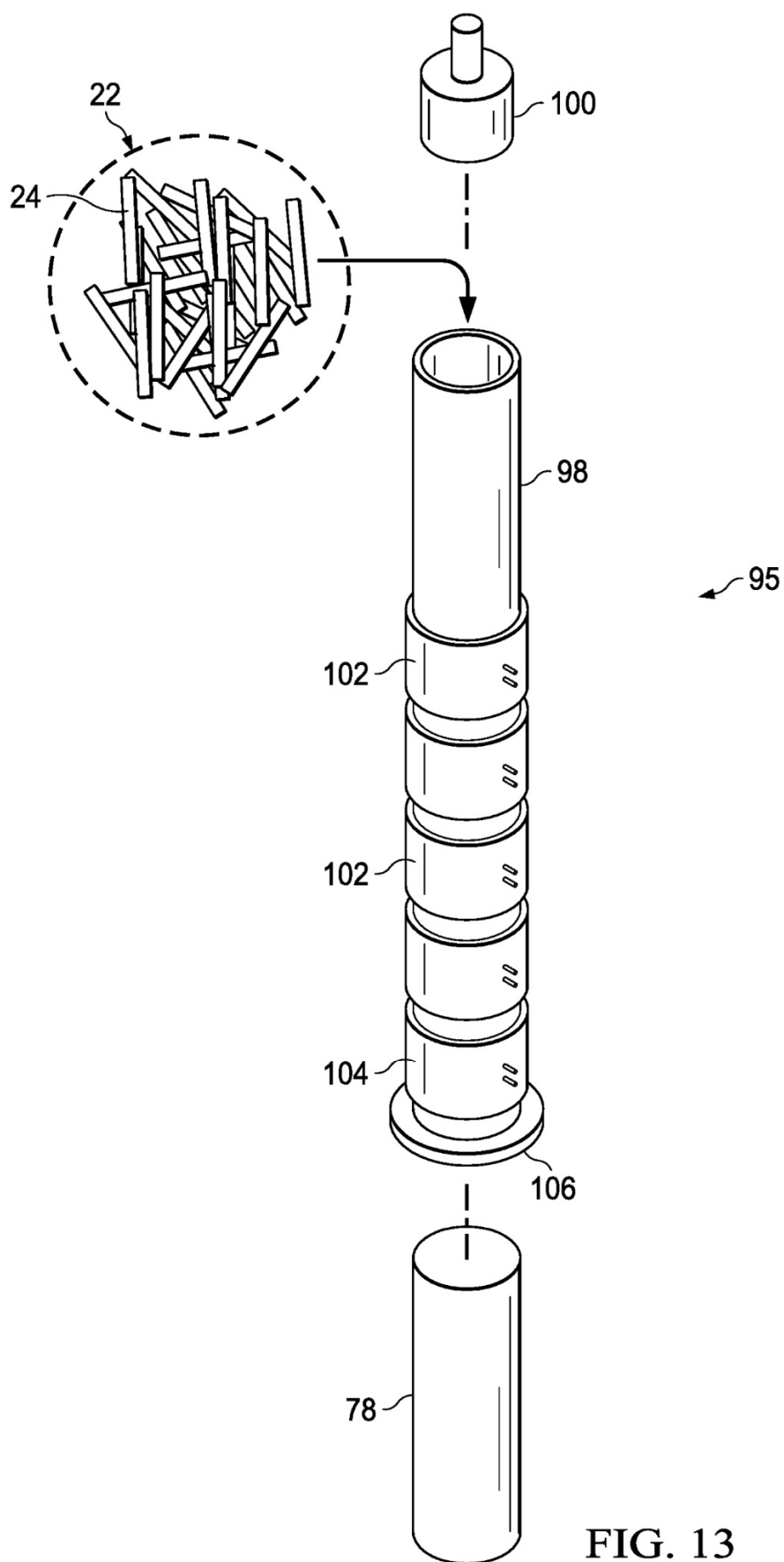


FIG. 14

