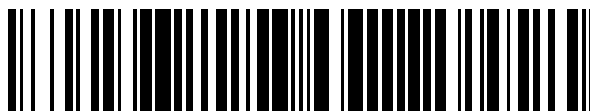


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 760 927**

51 Int. Cl.:

C09B 67/50 (2006.01)

B22C 1/22 (2006.01)

B29C 33/52 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.07.2008 PCT/US2008/069555**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.01.2009 WO09012102**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.07.2008 E 08796128 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019 EP 2190933**

54 Título: **Mandriles basados en áridos para la producción de piezas de material compuesto y métodos de producción de piezas de material compuesto**

30 Prioridad:

13.07.2007 US 949765 P
09.07.2008 US 170297

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.05.2020

73 Titular/es:

ADVANCED CERAMICS MANUFACTURING, LLC
(100.0%)
7800a South Nogales Highway
Tucson, AZ 85706, US

72 Inventor/es:

ROSSFELDT, JENS y
WALLEN, MATT

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 760 927 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

Mandriles basados en áridos para la producción de piezas de material compuesto y métodos de producción de piezas de material compuesto.

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a un proceso y método para producir piezas de material compuesto. En concreto, esta invención se refiere a mandriles para la producción en masa de estructuras de polímero o material compuesto, y a procesos y métodos para formar dichos mandriles a tasas suficientes para la producción en masa.

Antecedentes de la invención

- 10 Los materiales compuestos, como los materiales compuestos reforzados con fibra, pueden usarse para producir estructuras ligeras y resistentes a la corrosión. "Material compuesto", como se usa en el presente documento, se refiere a un material compuesto por dos o más materiales separados, que puede incluir un aglutinante de fibra o polímero o una combinación de ambos. Los materiales compuestos más comunes normalmente están compuestos por una fibra (Vidrio, Kevlar, Carbono, etc.) impregnada con un polímero (Epoxi, Poliéster, Uretano, etc.). En comparación con los metales ligeros como el aluminio, las estructuras formadas por materiales compuestos tienen
- 15 altas relaciones de peso-resistencia y peso-rigidez. Como resultado, los materiales compuestos se han utilizado para fabricar una amplia variedad de estructuras que incluyen, sobre todo, estructuras de aeronave.

- En la industria aeronáutica, los componentes de material compuesto se limitaron inicialmente a estructuras secundarias como tableros de suelo y carenados de motor debido a la experiencia limitada en el diseño de estructuras de material compuesto. Sin embargo, a medida que la mecánica de los materiales compuestos se entendió mejor y se
- 20 desarrollaron materiales de mayor calidad, su uso aumentó como componentes primarios de la aeronave, como alerones, secciones de ala e incluso como el fuselaje completo.

- Actualmente, existen aeronaves que tienen un fuselaje y alas hechos en gran parte o totalmente de materiales compuestos. Los fabricantes de aeronaves han aumentado su dependencia de los materiales compuestos para satisfacer sus crecientes demandas de mayor eficiencia y menores costes. Los materiales compuestos también se
- 25 utilizan en aplicaciones automotrices, recreativas, militares y de defensa, donde los requisitos de rendimiento pueden ser aún más exigentes.

- Un inconveniente significativo para el uso de estructuras de material compuesto en aplicaciones aeroespaciales, ya sean comerciales o militares, es el complicado y costoso utillaje que se requiere para su fabricación, especialmente cuando se desea una estructura hueca sin juntas. Para formar una estructura de material compuesto hueca y sin
- 30 juntas, a menudo se prefiere el uso de un mandril o núcleo de molde. Los materiales compuestos, generalmente fibra y resina, se depositan sobre el mandril y se curan aplicando calor, tiempo y presión de acuerdo con métodos bien conocidos. Para muchas aplicaciones, el mandril es un molde/herramienta de un solo uso que se retira de la pieza terminada destruyéndolo, ya sea por un proceso químico o por agitación mecánica.

- Los mandriles para estructuras de material compuesto a menudo están hechos de yeso. El yeso se vierte fácilmente en un molde y forma una estructura sólida, pero requiere un tiempo de curado considerable. Además, el yeso generalmente se retira por agitación mecánica lo que puede provocar daños en la estructura de material compuesto, después de lo cual el material se desecha como residuo.
- 35

- Otros materiales convencionales usados para fabricar utillaje como mandriles incluyen sales eutécticas. Estos materiales plantean ciertos problemas de procesamiento asociados con la retirada de los materiales de las piezas curadas, así como con la eliminación de los materiales. Los mandriles de sal son frágiles y deben moldearse en la forma deseada mientras están fundidos para evitar la necesidad de mecanizarlos. Además, a pesar de ser solubles en agua, las sales eutécticas producen corrientes de residuos corrosivos y perjudiciales para el medio ambiente cuando se lavan de la pieza de material compuesto curada.
- 40

- Un método alternativo para producir una pieza de material compuesto hueca y sin juntas es usar una vejiga inflable como un mandril dentro de una forma de molde hembra reutilizable. Dicho método se divulga, por ejemplo, en la Patente de los Estados Unidos número 5,366,684. Al inflarse, la vejiga presiona el material compuesto depositado en la forma de molde hembra. Sin embargo, el proceso de la vejiga no es útil para formas complejas y no produce una estructura de material compuesto con la misma precisión que un mandril moldeado más convencional, especialmente donde las dimensiones internas de la pieza son fundamentales.
- 45

- Las mejoras más recientes en los materiales de mandril proporcionan aglutinantes orgánicos e inorgánicos que son inocuos para el medio ambiente y solubles en agua. El material del mandril es una mezcla de material compuesto que incluye una matriz, como arena, un aglutinante y agua. Uno de estos aglutinantes es la polivinilpirrolidona, o "PVP". La mezcla de material compuesto se prepara a una consistencia deseada, se forma en una forma deseada y se cura. El mandril resultante es fuerte y ligero y se puede conformar fácilmente y posteriormente retirarse de las piezas de material compuesto curadas. Se pueden agregar aditivos para mejorar las características funcionales del material de
- 50
- 55

utilitaje terminado. Estos tipos de materiales de mandril se divulgan, por ejemplo, en las Patentes de los Estados Unidos números 6,325,958 y 6,828,373.

Utilizando los procesos anteriores (excluyendo la técnica de vejiga), los mandriles se forman actualmente usando técnicas similares, que implican el uso de un material vertible, como sal o yeso eutéctico, o un material compresible como PVA y áridos o silicato de sodio y áridos. Cada uno de estos procesos puede requerir mucho trabajo y tiempo.

Los mandriles de sales eutécticas requieren que la sal se funda a temperaturas superiores a aproximadamente 177°C (350°F) y, una vez fundida, debe manipularse en un molde donde debe enfriarse y fraguarse durante largos períodos de tiempo, a menudo causando quemaduras a menos que se use ropa protectora especial. Además, dependiendo de la complejidad del molde y la sección transversal expuesta, se necesitan cantidades considerables de agua y tiempo para retirar la sal eutéctica del molde, lo que también crea una corriente de residuos altamente corrosiva.

El yeso es un material más fácil de usar, ya que se puede preparar a temperatura ambiente y verter en un molde complejo, pero también tiene varias desventajas. Debido a que el yeso se forma a partir de la hidratación de las sales deshidratadas, se prepara a partir de un material en polvo seco que se combina con agua, que debe agitarse para garantizar una mezcla adecuada del polvo y el agua. Esta agitación conduce a la formación de burbujas de aire dentro del material que pueden formar defectos importantes en el mandril resultante. Además, el yeso debe dejarse fraguar, lo que se controla mediante la temperatura a la que se mezcla el yeso, así como por los aditivos a la mezcla. Como este es normalmente un proceso manual, los tiempos establecidos son alrededor de 10 minutos y puede tomar hasta 45 minutos. Una vez fraguado, el mandril se puede quitar del molde, pero no está listo para la colocación de material compuesto, ya que todavía contiene cantidades considerables de agua. Esta agua debe retirarse a un nivel suficiente para que no reaccione con el sistema de material compuesto cuando la pieza alcance temperatura. El yeso requiere mucho tiempo y energía para secarse, ya que forma un revestimiento denso tipo cáscara de huevo, que actúa como barrera contra el calor y el agua. Una vez que se forma una pieza de material compuesto terminada, el material de yeso es parcial o completamente insoluble en agua. Se utilizan entonces métodos mecánicos para retirar el mandril lo que a menudo daña el material compuesto debido a la delaminación.

Los trabajos previos han intentado producir un material de yeso soluble en agua que ayude en la retirada del núcleo de la pieza de material compuesto terminada, pero a costa de una resistencia reducida en el núcleo. Además, debido a que estos yesos solubles en agua aún incorporan grandes cantidades de agua para verter el material se necesita una cantidad considerable de tiempo y energía para curar y secar el núcleo.

Los mandriles de material comprimido existentes están compuestos de materiales húmedos tipo arena que se empaquetan o comprimen en un molde para formar la forma requerida. Estos materiales pueden requerir mucho trabajo o requerir utilitaje costoso debido a que los materiales normalmente deben empaquetarse a alta presión para garantizar la uniformidad en el mandril. Además, las formas complejas son muy difíciles de formarse ya que los materiales no son muy fluidos y, por tanto, no tienden a llenar los moldes con cavidades inversas. Sin embargo, debido a que estos materiales comienzan con una densidad muy baja y una porosidad abierta, se pueden secar o curar fácilmente utilizando una variedad de técnicas, por ejemplo, curado con CO₂, infiltración de gas caliente, secado al vacío, microondas u horno.

Si bien estas prácticas del estado de la técnica proporcionan mejoras que han reducido el tiempo de procesamiento y los costes generales, el coste de fabricación de una estructura de material compuesto sigue siendo relativamente alto. Por consiguiente, sigue existiendo la necesidad de un método simplificado para la fabricación de piezas de material compuesto. En concreto, existe la necesidad de métodos simplificados de formación de mandriles y de retirada de mandriles de una pieza de material compuesto hueca y sin juntas.

El documento WO2007/036563 divulga núcleos utilizados en un molde para fundir piezas de trabajo de metal o moldear por inyección piezas de trabajo de plástico para mantener espacios huecos libres dispuestos en las piezas de trabajo cuando los moldes están llenos con material, en donde dichos núcleos deben responder a altos requisitos en cuanto a la estabilidad de la forma de los mismos y la facilidad para extraerlos de dichos espacios huecos.

El documento US 6,045,745 divulga un núcleo soluble en agua que comprende partículas agregadas de un material inerte y un aglutinante de alcohol polivinílico (PVA) soluble que da como resultado una composición de núcleo mejorada que tiene una vida útil más larga y mejores propiedades de liberación que otros núcleos solubles en agua.

El documento EP2040897 divulga núcleos de sal solubles en agua utilizados en moldes para producir molduras huecas en moldeo de plástico. La producción de molduras huecas de plástico se lleva a cabo colocando un núcleo de sal soluble en agua en un molde, encapsulando el núcleo de sal con un compuesto de moldeo termoplástico y después de la solidificación del compuesto de moldeo termoplástico expulsando el núcleo de sal con un disolvente hidratado.

Resumen de la invención

La invención se define en las reivindicaciones independientes adjuntas a las que se ha de hacer referencia ahora. Además, se pueden encontrar características opcionales en las reivindicaciones dependientes adjuntas a las mismas.

En un aspecto amplio, la invención se refiere a la producción de mandriles de formas complejas con alta precisión sin un material vertible que contenga exceso de agua. De acuerdo con este aspecto, la invención elimina además las dificultades asociadas con los mandriles producidos por la compresión de materiales como por medio de compactación mecánica, que puede dar como resultado un relleno de forma irregular. Los problemas anteriores pueden mitigarse transformando la mezcla de áridos/aglutinante a un estado fluidizado mediante la aplicación de energía cinética a la mezcla. En un modo de realización, la energía cinética es impartida en un material de mandril no líquido, como una mezcla de aglutinante/áridos, a través de un fluido portador (de manera más común un fluido gaseoso como aire o nitrógeno), por el cual los sólidos pueden ser desplazados como un semifluido. Una vez en el estado semifluido, la mezcla se puede dirigir/inyectar/soplar en un molde de manera similar a un material vertible. A medida que el material entra al molde, el fluido portador es retirado a través de ventilaciones colocadas de manera adecuada mientras el material permanece contenido en el molde. Esta técnica permite la producción rápida de mandriles basados en áridos que se pueden secar/curar fácilmente usando una serie de procesos, como el curado con gas o el secado por calor.

En general, los aspectos de la presente invención se refieren a métodos de fabricación de estructuras de material compuesto en donde se pueden producir mandriles de alta calidad en un período de tiempo relativamente corto. Se divulgan diversas disposiciones para formar y curar mandriles que se puedan usar en un proceso industrial o automatizado mediante el cual se pueda hacer un gran número de mandriles de alta calidad de forma rápida y económica.

Otros aspectos de la presente invención se refieren a un método para formar una estructura de material compuesto usando un mandril, en donde el mandril se produce en masa en un molde al llenar el molde con una mezcla en partículas, que incluye uno o más áridos y uno o más aglutinantes y retirar el mandril formado del molde mientras el mandril todavía está parcialmente verde, es decir, antes de alcanzar el curado completo. De acuerdo con otros aspectos, el mandril se puede fraguar o curar completamente mientras está todavía en el molde, por ejemplo, por calentamiento, vacío, curado con un agente, energía de microondas, o por alguna combinación de los mismos, o simplemente con el tiempo.

Aspectos adicionales de la invención se refieren a composiciones de material de mandril que pueden curarse rápidamente, facilitando de este modo un proceso mecanizado o automatizado para la producción en masa de mandriles. Otros aspectos de la invención se refieren a composiciones de material de mandril que pueden proporcionar mandriles que tengan resistencia suficiente con poco o ningún curado, de modo que el mandril pueda manipularse, almacenarse o enviarse, en donde el curado puede completarse en un momento posterior o incluso con el tiempo durante el curso de almacenamiento o envío. Además, la invención puede hacer uso de otros aglutinantes solubles en agua disponibles actualmente para producir mandriles de material compuesto dependiendo de las propiedades necesarias.

Otros aspectos adicionales de la invención se refieren a métodos de fabricación de estructuras de material compuesto en donde los materiales de mandril pueden ser inocuos para el medio ambiente y solubles en agua. Además, aspectos de la invención permiten la recuperación de materiales de mandril para su reutilización para reducir aún más los costes y minimizar el impacto en el medio ambiente.

Los productos y métodos descritos en el presente documento son especialmente útiles para formar mandriles para producir estructuras de material compuesto ligeras, por ejemplo, para la industria del transporte, como la industria aeronáutica o aeroespacial, y se describirán en relación con dicha utilidad, aunque se contemplen otras utilidades.

Breve descripción de los dibujos

Para comprender la presente invención, se describirá ahora a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La figura 1 es un diagrama esquemático de un modo de realización de un sistema para la fabricación de mandriles usando un recipiente de inyección de material presurizado;

La figura 2 es un diagrama esquemático de otro modo de realización de un sistema para el mecanismo de prensado de fabricación de mandril;

La figura 3 es un diagrama esquemático de un modo de realización adicional de un sistema para la fabricación de mandriles usando un aparato de inyección de moldes y un mecanismo de presión;

La figura 4 es un diagrama esquemático de un modo de realización de un molde para usar con métodos de formación de mandriles de acuerdo con la presente invención;

La figura 5 es un diagrama esquemático de un modo de realización de un método para secar/curar una composición de aglutinante y áridos dentro de un molde;

La figura 6 es un diagrama esquemático de un modo de realización de un método de múltiples etapas para secar/curar una composición de aglutinante y áridos;

La figura 7 es un diagrama esquemático de un modo de realización de un método para la producción de una pieza de material compuesto de acuerdo con la presente invención; y

La figura 8 es un diagrama esquemático de un modo de realización de un sistema para la fabricación de mandriles usando un recipiente de inyección de material presurizado y un colector de distribución.

5 Descripción detallada

Se verán características y ventajas adicionales de la presente invención a partir de la siguiente descripción detallada, en la que se muestran diversos modos de realización de la presente invención. Ha de entenderse que se pueden utilizar otros modos de realización y se pueden hacer cambios sin apartarse del alcance de la presente invención.

10 La presente invención se refiere a dispositivos y métodos para formar mandriles para uso en la producción de estructuras de material compuesto huecas, cuyos dispositivos y métodos pueden usarse para la producción en masa de dichos mandriles. Los mandriles están hechos normalmente de arena u otro árido unidos en la forma deseada por medio de un aglutinante, y también pueden incluir ingredientes adicionales. En un modo de realización, el proceso usado para formar el mandril comprende mezclar el árido con el aglutinante, formar la mezcla en la forma deseada, 15 tratar luego la mezcla de manera que el aglutinante se endurezca lo suficiente para que el mandril pueda ser manipulado.

En diversos modos de realización de la presente invención, un material de áridos y un material aglutinante, mezclados para formar una mezcla agregada/aglutinante no fluida, pueden fluidizarse impartiendo energía cinética a la mezcla, lo que permite que la mezcla se inserte en un molde de manera fluida. Ha de entenderse que el material de áridos y el material aglutinante pueden contener más de un árido o aglutinante, respectivamente. Esta mezcla de 20 áridos/aglutinante puede tener una consistencia húmeda similar a la arena en algunos modos de realización. En un modo de realización, dicha mezcla no fluida se puede fluidizar impartiendo energía cinética a la mezcla mediante el arrastre de la mezcla en un fluido portador (como aire o nitrógeno), permitiendo que los sólidos se desplacen como un fluido. Una vez en el estado fluidizado, la mezcla se puede dirigir/inyectar en un molde de manera similar a un material vertible. A medida que el material entra al molde, el fluido portador es retirado, por ejemplo, a través de ventilaciones colocadas de manera adecuada, mientras la mezcla no fluida permanece y está contenida dentro del molde, llenando 25 el molde. Dichas técnicas pueden permitir la producción rápida de mandriles basados en áridos que se pueden secar/curar fácilmente usando una serie de procesos, como el curado con gas o el secado por calor, como se describe a continuación. Ha de entenderse que pueden usarse otros medios y técnicas para fluidizar la mezcla de áridos/aglutinante de acuerdo con la presente invención. También ha de entenderse que fluidizar la mezcla implica hacer que un material no fluido se comporte de manera fluida, pero no incluye transformar el material en una fase fluida (como un líquido o gas).

En un modo de realización de ejemplo, la mezcla de áridos/aglutinante puede llevarse a un molde usando un recipiente 100 de inyección de material presurizado (por ejemplo, un chorro de arena), como se ilustra en la figura 1. La mezcla 35 105 de áridos/aglutinante se coloca primero en el tanque 104 de chorro de arena, y el tanque 104 se sella y se conecta un suministro 101 de aire al mismo. El suministro 101 de aire se divide para proporcionar aire al tanque 104 a través de una válvula 102 de entrada y también a una válvula 107 mezcladora ubicada aguas abajo del tanque 104, a través de una línea 103 separada. Cuando la válvula 102 de entrada se abre al sistema, el aire 111 es forzado a través del tanque 104 hacia el orificio 106 de salida en la base del tanque. La mezcla 105 de áridos se impulsa junto con el aire 111 fuera del tanque 104 hacia la válvula 107 mezcladora. A medida que la mezcla 105 de áridos entra a la válvula 40 107 mezcladora se mezcla con aire de la línea 103 y se impulsa hacia un tubo 108 de llenado que dirige la mezcla a la cavidad de un molde 109 o herramienta. La mezcla 105 de áridos se acumula en el molde y forma un mandril en la forma del molde 109. La segunda corriente de aire (desde la línea 103) que pasa a través de la válvula 107 mezcladora puede forzarse a una tasa suficiente para inducir un efecto Venturi en el orificio 106 del tanque, lo que ayuda a atraer la mezcla de áridos a la corriente de aire.

Una vez que la mezcla de áridos es arrastrada en la corriente de aire, el árido puede dirigirse como un fluido a una gama de moldes o alojamientos adecuadamente ventilados para la producción final de la forma deseada, como el molde 109 mostrado en la figura 1. Las ventilaciones 112 dentro del molde 109 permiten que el material fluidizado se mueva a la zona deseada en el molde 109, en cuyo punto la mezcla 105 de áridos se separa de la corriente de aire, 45 que sale del molde al medio ambiente, ilustrado por las flechas 110. En este modo de realización, puede ser deseable agitar mecánicamente el tanque 104 de chorro de arena, donde se almacena la mezcla 105, para asegurar que la mezcla 105 de áridos no traspasa a medida que el material se retira de la cámara, causando bolsas de aire en la corriente de salida. En un modo de realización, después de llenar el molde 109, el tubo 108 de llenado para el molde 109 se puede usar para infiltrar el molde 109 con un gas de curado para curar el mandril (como se describe a continuación) usando el mismo recorrido de flujo que la inyección de la mezcla 105. También son posibles otras 55 configuraciones de gasificación, así como otras técnicas de curado no gaseosas.

En otro modo de realización, el recipiente 100 de inyección de la figura 1 se puede combinar con un sistema 120 de compactación como se muestra en la figura 2. De manera similar al proceso expuesto anteriormente, el recipiente 100 de inyección se utiliza para impulsar la mezcla 105 de áridos/aglutinante dentro de la línea 108 de llenado del molde. En este modo de realización, el material es dirigido a un molde 121 que se mantiene en su lugar bajo la fuerza de una

prensa 122 externa. Como en el molde 109 descrito anteriormente, el fluido puede escapar del molde 121 a través de las ventilaciones 123, mientras que la mezcla 105 permanece en el molde 121. Una vez que la mezcla 105 ha llenado el molde 121 y el fluido ha salido completamente a través del sistema 123 de ventilación, se puede lograr una compactación adicional del mandril formado a través de una mayor fuerza mecánica usando la prensa 122 externa. En este modo de realización, el molde 121 está diseñado específicamente para permitir que la cavidad del molde 121 se llene y luego se comprima más a una fuerza final. Por tanto, el molde 121 puede incluir superficies complementarias diseñadas para dejar espacio para que partes del molde 121 se muevan durante la compresión. Esta configuración puede crear una compactación y densificación adicionales del material del mandril. Aunque se muestra una configuración de prensado vertical, se pueden usar otros tipos de configuraciones de prensado, incluyendo el prensado horizontal o isostático.

En un modo de realización adicional, una mezcla de áridos puede llevarse a un molde usando un recipiente 200 de inyección de material presurizado para inyectar el material directamente en el molde, como se muestra en la figura 3. Como se describió de manera similar anteriormente, se prepara una mezcla 204 de un material de árido y un material aglutinante y se coloca en una cámara 202 de mezcla de áridos. La cámara 202 está conectada a una cavidad 208 de un molde 206 o herramienta para permitir que el contenido de la cámara 202 fluya dentro del molde 206. Un volumen de aire u otro fluido 203, desde una fuente 201 presurizada, se pasa a través de la cámara 202 de mezcla de áridos, forzando al material 204 fuera de la cámara 202 y dentro del molde 206. En una configuración como la mostrada en la figura 3, se puede impartir una energía cinética más alta a la mezcla de áridos al aumentar significativamente la tasa de flujo del fluido 203 que puede entrar a la cámara 202 de mezcla de áridos. Las ventilaciones 207 dentro del molde 206 permiten que el fluido salga del molde 206 y fluya al medio ambiente después de distribuir el material a través de la cavidad 208 del molde, mientras que el material 204 permanece en la cavidad 208 del molde.

Como se muestra en la figura 3, también se puede aplicar al molde 206 una prensa 205 mecánica, que se usa para mantener juntas las piezas de un molde de piezas múltiples. Como también se describió anteriormente, aunque se muestra una configuración de prensa vertical, se pueden utilizar otros tipos de configuraciones de prensado, incluyendo prensado horizontal o isostático.

Los conjuntos como los mostrados en las figuras 1-3 pueden usarse como una máquina de fabricación de mandriles capaz de producir mandriles en masa, que, a su vez, se utilizan para producir piezas de material compuesto. Se prepara una mezcla de arena u otro árido con un aglutinante y se inyecta en un molde, como se describió anteriormente. La mezcla puede prepararse de manera ventajosa a una consistencia que permita que la mezcla llene completamente el molde sin un vacío. Un molde 300 de ejemplo se muestra en la figura 4. El molde 300 incluye dos mitades de molde 301, 302 que se presionan juntas para formar una cavidad 303 de molde interna para la formación de un mandril 304. Cada mitad de molde 301, 302 contiene al menos un puerto 305 de entrada para la inyección o entrada de material como en los modos descritos anteriormente con respecto a las figuras 1-3, y al menos un puerto 306 de salida para permitir que el fluido escape del mismo después de que la mezcla de áridos se deposite dentro de la cavidad 303 del molde. En el modo de realización mostrado, el molde 300 incluye múltiples puertos 305 de entrada, que pueden ser provistos por un colector, como se describe a continuación. Ha de entenderse que, en algunos modos de realización, solo una de las mitades del molde 301, 302 puede contener un puerto 305 de entrada y/o un puerto 306 de salida. También ha de entenderse que se puede usar una configuración de molde diferente para formar un mandril.

La figura 8 ilustra un modo de realización de ejemplo de un sistema 700 para la distribución de la mezcla 701 de áridos fluidizada en un molde 702 usando un recipiente 703 de inyección de material presurizado (por ejemplo, un chorro de arena), que, en este modo de realización, es similar o idéntico al recipiente 100 de inyección mostrado y descrito en la figura 1. En el modo de realización mostrado en la figura 8, el recipiente 703 de inyección tiene un manguito 704 acoplado a un colector 705, y el colector 705 está acoplado al molde 702 y distribuye el flujo de la mezcla 701 de áridos para proporcionar múltiples puertos 706 de inyección para la inyección de la mezcla 701 en la cavidad 707 del molde. La cavidad también tiene puertos 708 de salida, como se representa en la figura 6. Además, el recipiente 703 de inyección inicial puede contener múltiples puertos de salida para suministrar múltiples puertos 706 de inyección en el molde 707.

En diferentes modos de realización, el molde puede configurarse con líneas de separación horizontales o verticales. Además, en un modo de realización, el molde tiene una sola línea de separación, pero en otros modos de realización, el molde puede tener múltiples líneas de separación. Por ejemplo, un molde con múltiples líneas de separación verticales puede incluir múltiples dispositivos de inyección para acelerar el proceso. Sin embargo, algunas formas de mandril pueden ser más adecuadas para la producción en moldes de línea de separación horizontal. Por ejemplo, los moldes de línea de separación horizontal pueden ser más adecuados cuando se van a producir mandriles grandes en un molde, de modo que la cavidad para formar el mandril se extienda relativamente alejada de los medios de inyección. De manera similar, si se hicieran varios mandriles simultáneamente utilizando un molde con múltiples cavidades, un molde de línea de separación horizontal puede ofrecer un mejor rendimiento.

La mezcla se inyecta en la forma de mandril (molde) por medios de inyección, como los medios de inyección expuestos anteriormente. Si es necesario, se puede agregar agua u otro líquido al material de manera que se alcance la viscosidad deseada para "disparar" la mezcla en el molde. Los medios de inyección pueden utilizar aire comprimido,

gravidad o cualquier otro medio capaz de movilizar o fluidizar una mezcla de áridos/aglutinante. Los medios de inyección pueden usarse además para inyectar la mezcla en múltiples moldes a la vez.

Una vez que el molde se ha llenado con la mezcla de áridos/aglutinante, se pueden adoptar uno o más métodos de procesamiento para procesar el mandril en un estado deseado para su uso en la fabricación de polímero o material compuesto. Generalmente, el molde lleno se trata para activar el aglutinante en la mezcla o para endurecer la mezcla de manera que el mandril conserve su forma al ser retirado del molde. En un modo de realización de ejemplo, el proceso de tratamiento del mandril está diseñado para tomar un período de tiempo muy corto, como del orden de segundos, de modo que el mandril formado pueda retirarse del molde y el molde pueda llenarse de nuevo rápidamente, facilitando un proceso capaz de ser utilizado para producir mandriles en masa. En ciertos modos de realización, todo el proceso de moldeo del mandril puede tomar menos de dos minutos, y en un modo de realización, menos de un minuto. Dependiendo de la composición de la mezcla utilizada y, en concreto, del tipo(s) de aglutinante(s) utilizado(s), el mandril puede tratarse inicialmente mediante uno de varios métodos.

Un modo de realización de dicho método de tratamiento es la deshidratación de intercambio de fluidos, un ejemplo del cual se ilustra en la figura 5. Como se muestra en la figura 5, un gas 401 de secado, como aire, se pasa al molde 404, donde entra en contacto con el material húmedo que forma el mandril 406 verde, recoge la humedad y sale a través de las ventilaciones 407 en el molde 404. El molde puede incluir una o más entradas y una o más salidas para que la corriente de gas pase dentro y fuera de la forma y pueda pasar sobre el mandril en múltiples direcciones para acortar la duración requerida para el tratamiento. Como se describió anteriormente, en un modo de realización, las mismas entradas y salidas usadas cuando se llena el molde con la mezcla de áridos se pueden usar para infiltrar el molde con el gas de secado.

En algunos modos de realización, mantener una presión de vapor de agua baja y una temperatura relativamente alta en la corriente de gas 401 de secado puede aumentar la tasa de retirada de agua u otro líquido. Calentar el mandril 406 a través del molde 404, como se describe en las técnicas de caja caliente a continuación, también puede aumentar la tasa de retirada de líquido. Esto reducirá aún más el tiempo de tratamiento y el tiempo de curado del mandril formado, y puede aumentar la tasa de producción en masa. Además, se puede aplicar de manera ventajosa un vacío (no mostrado) a las ventilaciones 407 de salida, junto con cualquiera de las configuraciones descritas anteriormente. En un modo de realización de esta técnica, un gas caliente se calienta a aproximadamente 66°C-121°C (150°F-250°F) y pasa a través del molde durante un período de aproximadamente 30 segundos a dos minutos. Ha de entenderse que este tiempo puede variar dependiendo de la temperatura del gas caliente, la composición de la mezcla, el tamaño del mandril y la configuración del molde para permitir que el gas caliente pase sobre el mandril. En otro modo de realización, una técnica de secado similar utilizaría solo gas completamente seco o una combinación de ambos gas seco y caliente para secar el mandril mediante deshidratación/evaporación. Los materiales que pueden ser sometidos a deshidratación de esta manera incluyen sales inorgánicas (silicato de sodio, fosfatos, MgSO_4 , etc.) y aglutinantes orgánicos (PVP, PVA, proteínas, etc.).

En otro modo de realización, puede usarse de manera ventajosa un método de caja fría o sin horneado, como un método de curado con gas reactivo, para tratar el mandril verde, en donde el curado del mandril puede tener lugar sin calentar el molde. Esto se efectúa normalmente exponiendo el mandril a un agente de curado, generalmente en forma gaseosa. Por ejemplo, si el aglutinante se puede curar con ácido, se puede usar una solución de amina vaporizada o vapores de dióxido de carbono. La configuración ilustrada en la figura 5 puede usarse también para una técnica de curado con gas reactivo. En dicho modo de realización, en lugar de aplicar un gas de secado para retirar el agua del mandril 406, se puede introducir un gas 402 reactivo en el molde además del, o en lugar del, gas 401 de secado. El gas 402 reactivo fuerza un cambio de fase o reacción dentro del aglutinante del mandril, que después produce la resistencia deseada en el mandril. Dependiendo del aglutinante y el agente de curado, este proceso generalmente toma muy poco tiempo y puede tomar menos de 30 segundos. En un modo de realización, el proceso de tratamiento con un agente de curado puede completarse en 10 segundos o menos. Se pueden usar muchos tipos diferentes de aglutinantes con técnicas de curado reactivo, incluyendo silicato de sodio, Isocure™ o cualquier otro sistema aglutinante que sufra una reacción química para alcanzar un estado endurecido o semiendurecido.

Un modo de realización adicional de un método de tratamiento que puede usarse de manera ventajosa para curar/fortalecer el mandril es un método de caja caliente, en donde los materiales del mandril se endurecen calentando el molde. Esto retira de manera efectiva el líquido (como agua) del mandril formado y endurece ciertos materiales aglutinantes, incluidos muchos aglutinantes solubles en agua y aglutinantes no solubles en agua. Uno de estos medios para calentar el mandril 406 es la aplicación de energía 405 de microondas interna u otra energía de calentamiento dentro del molde 404, como se ilustra en la figura 5. Por consiguiente, en un modo de realización, el molde 404 puede estar construido de materiales que permitan que el mandril 406 esté expuesto a la energía 405 de microondas mientras todavía está en el molde, como PVP o PVA u otros aglutinantes de refuerzo de deshidratación combinados con un árido poroso. El tratamiento de calentamiento generalmente tiene lugar al menos el tiempo suficiente para que el mandril logre una resistencia en verde suficiente para permitir el manejo sin dañar el mandril o su forma. Esto puede llevar de varios segundos a minutos. Si el mandril no está completamente seco antes de retirarlo de la forma, puede tener lugar un secado adicional del mandril con el tiempo durante el almacenamiento o envío, como se describe a continuación, que puede ser necesario antes de la colocación de la fibra y resina de material compuesto. Para este método de tratamiento, puede ser ventajoso que el molde comprenda un material con una alta conductividad térmica, como acero, aluminio, Invar, etc.

Ciertas mezclas pueden tener suficiente resistencia en verde para retirarse del molde casi inmediatamente después de la carga o después de un tratamiento muy corto bajo uno de los métodos enumerados anteriormente. El proceso de curado para estos mandriles puede continuar a medida que los mandriles se secan durante el almacenamiento o el envío, como se describió anteriormente, o el proceso de curado puede efectuarse por otros medios. Por ejemplo, el curado puede completarse exponiendo el mandril a un agente de curado, horneando el mandril en un horno o irradiando con energía de microondas. Este proceso de tratamiento secundario puede mejorar aún más la eficiencia general del proceso de producción de mandriles.

Un ejemplo de dicho proceso de curado en dos etapas se muestra en la figura 6. Se usa una técnica 501 de fortalecimiento inicial para impartir el mandril 505 con suficiente resistencia para ser retirado del molde 502. Las técnicas de curado reactivo de secado con gas caliente, caja caliente o caja fría descritas anteriormente pueden usarse, por ejemplo, como la técnica 501 de fortalecimiento inicial. Después del fortalecimiento inicial, cuando el material del mandril ha alcanzado la resistencia suficiente para su manipulación, el mandril 505 parcialmente endurecido o parcialmente curado se retira 504 del molde 502 y se coloca 506 en un proceso 507 de tratamiento secundario para un fortalecimiento adicional. Dicho proceso 507 de tratamiento secundario puede incluir, sin limitación, calentamiento por horno de convección, exposición a ondas electromagnéticas (como calentamiento por microondas), reacción química, exposición a otra fuente de energía no mencionada anteriormente, colocación en una cámara de vacío, colocación en un ambiente seco, colocación en un contenedor de envío con o sin un desecante, o cualquier mezcla de dichas técnicas.

Por ejemplo, en un modo de realización de ejemplo, la mezcla de material de mandril contiene un aglutinante primario que proporciona buena resistencia y propiedades deseables y un aglutinante secundario que se fortalece rápidamente para permitir la retirada del mandril del utillaje antes de que el aglutinante primario se endurezca. Como se describió anteriormente, el aglutinante primario puede endurecerse después de ser retirado, dejando el molde libre para la producción de mandriles adicionales, aumentando la tasa de producción. En un modo de realización, la mezcla incluye un aglutinante primario que es soluble en agua e inocuo para el medio ambiente, como la polivinilpirrolidona (PVP), y un aditivo que puede tratarse con un gas, como el silicato de sodio, también llamado vidrio soluble. El PVP sin curar tiene muy poca resistencia en verde y generalmente se cura mediante un proceso de caja caliente que requiere que el mandril permanezca en el molde durante este proceso. Sin embargo, el componente de vidrio soluble del aglutinante puede fijarse rápidamente haciendo pasar dióxido de carbono (CO₂) o cualquier otro gas ligeramente ácido a través del molde durante solo unos segundos, después de lo cual el mandril retiene suficiente resistencia para permitir la manipulación. De esta manera, el mandril puede retirarse del molde y curarse utilizando energía de microondas. La energía de microondas cura el mandril en solo unos segundos; después de lo cual la resistencia en seco del PVP proporciona un mandril duradero que es relativamente ligero y soluble en agua.

Una composición de mezcla de mandril de acuerdo con la presente invención puede incluir normalmente arena y/u otro(s) árido(s), un aglutinante o combinación de aglutinantes, y posiblemente aditivos adicionales para mejorar las características del mandril en una aplicación concreta. En muchos modos de realización, las mezclas de aglutinante/áridos solubles en agua tienen concentraciones de aglutinante que varían de menos del 0,5% de aglutinante al peso del árido a más del 50%. La cantidad de aglutinante utilizada puede determinarse por la resistencia final deseada y el tiempo de secado. Además, en algunos modos de realización, el contenido de agua en la mezcla de aglutinante/áridos se mantiene al mínimo, para facilitar el secado/fortalecimiento del mandril. Por ejemplo, los contenidos de agua de menos del 10% son normales de algunos modos de realización. Además, en algunos modos de realización, es preferible que la mezcla de áridos y aglutinante utilizada para producir el mandril posea una porosidad mayor que aproximadamente el 20%. Una porosidad demasiado baja dentro del material del mandril no curado puede llevar a la formación de bolsas de vapor dentro del mandril que pueden producir vías en el mandril o incluso una deformación completa.

Se pueden usar varios áridos diferentes, o combinaciones de los mismos, en diferentes modos de realización de la mezcla de aglutinante/áridos. La arena es una opción adecuada para el componente de áridos de la mezcla debido a su disponibilidad. Sin embargo, se pueden elegir otros áridos por varias razones, como su compatibilidad con un aglutinante concreto, su consistencia o su capacidad para someterse a un proceso de recuperación después de ser retirados de la estructura de material compuesto terminada. Ejemplos de otros materiales en partículas que pueden emplearse como áridos o como aditivos incluyen microesferas de vidrio o polímero, piedra pómez, partículas de grafito o coque, granalla de acero, perlas o burbujas de vidrio, pellets de polipropileno, alúmina, cenosferas y arcillas. Para la presente invención se han seleccionado cenosferas. También se puede usar una combinación de dos o más de estos materiales. El tamaño de partícula a menudo está directamente relacionado con la calidad de la superficie, la densidad del árido y la densidad de empaquetamiento, y en un modo de realización, se utilizan tamaños de partícula de entre aproximadamente 100 micras y aproximadamente 300 micras. En un modo de realización, la densidad del árido resultante puede variar de aproximadamente 0,4 a aproximadamente 2 g/ml. Mayores densidades de áridos pueden resultar en una mayor compactación, pero pueden no ser óptimas para algunas aplicaciones, ya que el tamaño de partícula también desempeña un papel importante. Otras consideraciones de densidad pueden incluir la geometría del mandril, ya que los áridos de mayor densidad pueden dar lugar a mayores esfuerzos ejercidos sobre el mandril.

Se puede elegir un aglutinante o una combinación de aglutinantes en función de una serie de factores, que incluyen la duración del tiempo requerido para tratar el mandril hasta que alcanza un nivel de dureza para permitir el manejo, la resistencia a la tracción del aglutinante en relación con el árido elegido cuando está completamente curado, el coste

del aglutinante, la viscosidad de la mezcla cuando se combinan el aglutinante y el árido, la solubilidad en agua del aglutinante y los subproductos medio ambientales de los procesos de curado y retirada. Finalmente, se puede determinar el aglutinante apropiado con referencia a las propiedades específicas necesarias para la pieza de material compuesto terminada. Ciertas mezclas de sales y áridos producen un mandril bastante débil y quebradizo que no se puede usar fácilmente en la mayoría de las técnicas de preparación de materiales compuestos, pero que resistirá las condiciones necesarias para una laminación húmeda del material compuesto. Dicho mandril de sal de baja resistencia se puede preparar de forma rápida y económica utilizando aglutinantes y maquinaria disponibles actualmente. Las resistencias a la tracción para este tipo de mandril suelen ser del orden de 100 PSI. Estos aglutinantes incluyen, pero no se limitan a, MgSO_4 , fosfatos, silicato de sodio, etc.

Otras aplicaciones pueden ser más adecuadas para diferentes sistemas de aglutinantes. Por ejemplo, en aplicaciones más exigentes y en mandriles que pueden requerir un mecanizado secundario después de la fabricación, se puede usar una gama de sistemas híbridos para fabricar el mandril, que incluyen, pero no se limitan a, combinaciones de aglutinantes orgánicos e inorgánicos. Como se describió anteriormente, de acuerdo con la invención, una composición de aglutinante híbrida soluble en agua incluye silicato de sodio y PVP. Dicha composición varía de aproximadamente 1-20% en peso de silicato de sodio y aproximadamente 1-30% en peso de PVP, estando el resto compuesto por áridos y/o aditivo. Las composiciones y proporciones específicas del aglutinante pueden variar, dependiendo de factores como el tipo y tamaño del árido y el área superficial efectiva del aglutinante. En muchos modos de realización de composiciones híbridas, el componente orgánico proporciona un mandril con mejor maquinabilidad, que también es capaz de lograr mayores resistencias para aplicaciones exigentes. El PVP es uno de dichos aglutinantes orgánicos adecuados, debido a propiedades como solubilidad en agua, baja viscosidad, alta resistencia a la tracción y naturaleza inocua para el medio ambiente.

Se ha descubierto que diversas composiciones específicas tienen propiedades ventajosas cuando se usan en relación con los métodos de producción descritos en el presente documento. Una composición de aglutinante/áridos de ejemplo incluye aproximadamente un 3-10% de PVP, aproximadamente un 3-10% de silicato de sodio líquido (40baum), aproximadamente un 7-17% de agua y aproximadamente un 70-77% de cenosferas. Esta composición produce un material de mandril de alta resistencia, curable con gas ácido que tiene una buena resistencia en verde con un coeficiente de expansión térmica (CTE) promedio inferior a 10 ppm. Además, los mandriles resultantes de esta composición generalmente tienen buen acabado superficial y solubilidad en agua. Otra composición de ejemplo incluye aproximadamente un 3% de PVP, aproximadamente un 17% de agua y aproximadamente un 80% de cenosferas. Esta composición debe secarse para obtener resistencia en verde y tiene valores de CTE similares a la composición inmediatamente anterior. Además, los mandriles resultantes de esta composición generalmente tienen un buen acabado superficial y son altamente solubles en agua. Una composición de ejemplo adicional incluye aproximadamente un 20% de silicato de sodio (40 baum) y aproximadamente un 80% de cenosferas. Esta composición es una composición curable con gas ácido muy rápida, y es insoluble en agua a temperatura ambiente. También produce mandriles con buen acabado superficial.

Se pueden usar aditivos para mejorar el rendimiento del mandril y los materiales en cualquiera de los modos de realización anteriores. Dichos materiales incluyen hidróxidos alcalinos, por ejemplo, NaOH, agua y diversos aditivos orgánicos e inorgánicos. En muchas composiciones de ejemplo es necesario menos del 1% de aditivos. Pueden estar presentes cantidades menores de otros aditivos, como tensioactivos. Los tensioactivos pueden ser aniónicos, no iónicos, catiónicos, anfotéricos o mezclas de los mismos. Ejemplos de tensioactivos solubles en agua son tensioactivos aniónicos seleccionados de sulfatos orgánicos, sulfonatos orgánicos y ésteres de fosfato orgánicos, por ejemplo, 2-etilhexil fosfato de potasio. Ciertos tensioactivos también funcionan como agentes de control de flujo. Otros aditivos incluyen aditivos resistentes a la humedad, potenciadores de colapsibilidad (o descomposición), conservantes, colorantes, agentes de carga, aditivos de resistencia al calor o potenciadores de flujo. Los aditivos resistentes a la humedad incluyen, por ejemplo, tetraborato de potasio, carbonato de zinc, óxido de zinc. Los potenciadores de colapsibilidad (o descomposición) incluyen, por ejemplo, azúcar, por ejemplo, sacarosa, dextrina y serrín. Se pueden usar recubrimientos refractarios, como sílice en un solvente, para impartir una superficie terminada al mandril. Por supuesto, los aditivos se pueden agregar en combinación o individualmente.

Se pueden agregar conservantes para evitar el moho y el deterioro de los aglutinantes durante el almacenamiento. Las cantidades de dichos conservantes variarán dependiendo del conservante empleado, pero en general, cantidades de hasta aproximadamente un 1 por ciento en peso se consideran suficientes. En un modo de realización, el benzoato de sodio se usa como conservante, y se utiliza normalmente en una cantidad de aproximadamente un 0,2 por ciento en función del peso del aglutinante. Básicamente, en la presente invención se puede usar cualquier conservante que sea compatible con el aglutinante y otros diversos aditivos y que sea seguro para el medio ambiente.

Después del tratamiento y retirada del molde, un mandril puede requerir mecanizado u otro procesamiento para formar la forma deseada. Dependiendo de los materiales utilizados y su curado, puede ser necesario un curado adicional antes de mecanizar el mandril.

La invención se refiere además a métodos para la fabricación de piezas o componentes de material compuesto o de polímero, que incluyen piezas complejas como redes de conductos que proporcionan un pasaje para canalizar aire, gases, fluidos, cableado o similares. Sin embargo, el tipo de producto de material compuesto o de polímero no es una característica limitante de la invención. Un aspecto de la invención es la capacidad de fabricar piezas de material

compuesto a tasas eficientes, de modo que las piezas puedan ser producidas en masa de manera efectiva y económica. En general, los materiales compuestos o de polímero (incluidos los materiales precursores) se ponen en contacto con el mandril para impartir la forma del mandril al producto de material compuesto o de polímero final. Uno de estos métodos de producción consiste en envolver el mandril con materiales para producir el producto final. El mandril también se puede usar para una variedad de otras técnicas de procesamiento conocidas como inyección de plástico, RTM, VRTM, etc.

A modo de ejemplo, en la producción de un producto de material compuesto, un mandril preformado del tipo descrito anteriormente puede envolverse o recubrirse con un material compuesto o de polímero (que puede incluir materiales precursores). El material recubierto se puede curar por calentamiento, exposición a la energía de la luz, etc. Las técnicas para curar dichos materiales compuestos o de polímero son conocidas en la técnica y varían según el tipo y la naturaleza de los materiales utilizados. Luego, el mandril puede retirarse, por ejemplo solubilizándose en agua, para abrir un pasaje formado en la pieza formada. El mandril, que se ha formado mediante técnicas de velocidad de producción eficientes junto con su uso como un medio para formar la configuración interna de los materiales compuestos que son procesables a niveles de velocidad de producción eficientes, permite la producción económica de piezas de material compuesto o de polímero. La eficiencia de producción se puede mejorar aún más mediante la capacidad de retirar el material del mandril de la pieza de material compuesto de forma rápida, eficiente y sin dañar el material compuesto formado, como a través del uso de aglutinantes solubles en agua. Hacer los mandriles y usarlos con materiales compuestos permite, por tanto, la fabricación económica de piezas de material compuesto y de polímero complejas, concretamente aquellas que tienen huecos, cámaras y pasajes internos complejos. Por ejemplo, componentes como conductos de aire y componentes estructurales huecos como fuselajes, bicicletas y cuadros de bicicleta, chasis de automóviles y cascos de aeronave pueden fabricarse utilizando materiales compuestos usando los mandriles y los métodos descritos en el presente documento. Las piezas se pueden producir utilizando los principios descritos en el presente documento para su uso en vehículos de motor, botes, bicicletas y otros vehículos de transporte, así como otras estructuras para otras varias industrias. Ejemplos de materiales compuestos que se pueden usar de acuerdo con los modos de realización de la invención incluyen aglutinantes de polímero basados en epoxi o fenólicos impregnados en diferentes sistemas de fibras, como fibra de vidrio, Kevlar, carbono, etc. Ha de entenderse que estos ejemplos de componentes y materiales no son exhaustivos, y que se puede fabricar una amplia variedad de componentes y materiales.

La figura 7 ilustra un modo de realización de ejemplo de un método 600 de producción de acuerdo con los principios de la invención. El(los) material(es) 601 de áridos(s) se mezcla(n) primero con el(los) material(es) 602 aglutinante(s), así como potencialmente otros aditivos, para formar la mezcla 603 de aglutinante/áridos. Esta mezcla se coloca luego en un estado fluidizado impartiendo la mezcla en un fluido 604 portador. Una vez en el estado fluidizado, la mezcla 603 y el fluido 604 portador se impulsan a través de un gradiente de presión en un molde 605 con una cavidad ventilada. El material 603 entra en la cavidad a través de un puerto 605a de llenado y se separa del fluido 605 portador usando una pantalla o filtro en las ventilaciones 605b dedicadas. Después de que la cavidad se llena con el material 603 para formar el mandril 607 verde, se realiza un procesamiento 606 adicional para facilitar la retirada del mandril 607 del molde 605. Como se describió anteriormente, esto se puede lograr de varias maneras, que van desde el curado completo dentro del molde o curado inicial y retirada para el secado/curado posterior. El curado dentro del molde se puede lograr a través de las técnicas descritas anteriormente, como la retirada del agua (por calor, aire, vacío, microondas, etc.) o una reacción química (reticulación, precipitación, polimerización, etc.). También se pueden usar los procesos de curado de varias etapas descritos anteriormente, donde el mandril 607 se puede curar inicialmente lo suficiente como para ganar resistencia parcial para la retirada, formando un mandril parcialmente curado o parcialmente endurecido, y el mandril parcialmente endurecido se puede curar posteriormente usando cualquiera de las técnicas anteriores. El curado inicial y la retirada pueden permitir que se retire el mandril y que el molde se recupere más rápidamente para un procesamiento continuo.

Después de que el mandril 607 se haya curado completamente, se puede usar para producir una pieza de material compuesto o de polímero acabada. Se puede aplicar una capa de liberación al mandril antes de la producción de la pieza, como en forma de un sellador, que impide que los sistemas de resina/polímero del material compuesto o de polímero penetren en el material del mandril. En la ilustración anterior, el mandril está cubierto con una fibra 608 impregnada de polímero para crear una forma 609 de material compuesto de la forma deseada. Una vez en la forma deseada, dependiendo del sistema de resina/polímero utilizado, la pieza puede curarse, por ejemplo, utilizando técnicas como vacío, calor, UV y medios químicos. Después de alcanzar el estado de curado deseado, la pieza 610 de material compuesto está lista para la retirada del mandril. La pieza se puede curar utilizando cualquier técnica conocida, dependiendo del material, incluyendo sin limitación la aplicación de calor, la aplicación de presión, la aplicación de luz u otras ondas electromagnéticas, reacción química, exposición a otro tipo de fuente de energía que no sea la anterior, colocación en una cámara de vacío, colocación en un ambiente seco, o cualquier combinación de dichas técnicas. El mandril se puede retirar utilizando una variedad de técnicas, desde agitación mecánica hasta disolución en agua, dependiendo de la composición de aglutinante/áridos. En un modo de realización, donde el mandril 607 incluye una composición de aglutinante soluble en agua, el mandril se solubiliza mediante la aplicación de agua al mismo, lo que rompe el mandril 607 y se lleva los componentes insolubles del mandril, sin dañar el artículo producido. El producto final es una pieza 610 de material compuesto terminada y los materiales 611 de mandril retirados. En un modo de realización, el árido y el agua pueden recuperarse al retirar el mandril de la estructura de material compuesto terminada.

La invención se refiere además a métodos para retirar un mandril de una pieza de material compuesto terminada después de que el producto ha sido moldeado y curado. Cuando se usa un aglutinante soluble en agua, los mandriles pueden retirarse de una estructura de material compuesto terminada exponiendo el aglutinante y las partículas de áridos a una cantidad de agua efectiva para disolver el aglutinante y desintegrar el mandril, y luego eliminar las partículas de áridos de la cavidad del producto moldeado. El impacto medio ambiental de los aglutinantes solubles en agua puede considerarse al elegir un método para eliminar el material aglutinante, ya que no todos los subproductos de los aglutinantes solubles en agua son inocuos para el medio ambiente.

En un modo de realización, el agua puede pulverizarse en la estructura a alta presión para retirar el material del mandril más rápidamente. Como alternativa, el agua puede calentarse a una temperatura por debajo de ebullición que pueda disolver aglutinantes específicos más rápidamente. Otra alternativa sería inyectar una corriente de agua en la estructura de material compuesto terminada para romper las uniones del aglutinante soluble en agua, y luego eliminar cualquier material de mandril restante con agua directamente o mediante agitación mecánica. Cada uno de estos métodos se puede realizar en menos de 30 minutos para la mayoría de los mandriles, y muchos mandriles se pueden remover por completo en menos de un minuto.

Con ciertos aglutinantes, la velocidad a la que el mandril de arena unido se debilita por la exposición al agua puede acelerarse mediante el pretratamiento del mandril de arena. En algunos modos de realización de ejemplo, este pretratamiento implica sumergir el mandril de arena en una solución alcalina diluida o agua caliente durante uno a diez minutos, extraer la solución alcalina o agua a través del mandril y/o soplar vapor a través del mandril. El tratamiento alcalino es especialmente adecuado para materiales compuestos que no se ven afectados por el álcali. Los ejemplos de soluciones útiles para este método incluyen soluciones alcalinas diluidas de hidróxido de sodio, hidróxido de potasio o carbonato de sodio, que son relativamente inocuas y relativamente económicas.

La agitación mecánica también se puede usar para retirar el mandril de la estructura de material compuesto. En un modo de realización, el mandril puede estar condicionado primero por vapor, agua o algún otro agente de retirada para romper inicialmente al menos algunos de las uniones del mandril. Se puede proporcionar un medio mecánico de manera adicional o como alternativa para romper el mandril en pedazos dentro de la estructura de material compuesto. Una vez que el mandril se ha debilitado por medios químicos o mecánicos, la estructura de material compuesto terminada se agita mediante sacudidas o algún otro método para eliminar el resto del material del mandril. Este es un método normal de eliminación para la mayoría de los aglutinantes no solubles en agua, incluyendo varios compuestos orgánicos y fenólicos.

Esta divulgación también se refiere a mandriles producidos usando los materiales, métodos y máquinas anteriores. En un modo de realización, un mandril producido como se describió anteriormente incluye un aglutinante orgánico o inorgánico soluble en agua o una combinación de aglutinantes orgánicos e inorgánicos, y uno o más materiales de áridos, como arena, esferas cerámicas, etc., como se describió anteriormente. Ha de entenderse que varios modos de realización de los mandriles descritos en el presente documento pueden contener cualquiera de los materiales y aditivos descritos anteriormente para su uso en la fabricación de los mandriles. Además, los mandriles fabricados como se describe en el presente documento pueden usarse para los métodos de formación de materiales compuestos descritos en el presente documento.

Ejemplo

En un ejemplo, se creó un conducto de aire utilizando un preimpregnado de fibra de carbono tejida impregnada a base de bisfenol/epiclorhidrina. Se formó un conducto de aire sin juntas produciendo primero una herramienta de inyección con la forma de pieza deseada mecanizada en una cavidad divisible. La herramienta fue construida para ser portada para permitir que el fluido portador escape según sea necesario. Se preparó una mezcla de aglutinante/áridos combinando 80% de áridos de cenosfera, 3% de PVP, 3% de silicato de sodio (40Baum) y 14% de agua. Luego se produjo un mandril verde a través de la inyección de una mezcla de áridos/aglutinante en la cámara portadora bajo presiones de inyección de alrededor de 50 psi, siendo el fluido portador expulsado al medio ambiente. Luego se pasó un gas ácido (CO₂) a la cavidad de la herramienta para endurecer parcialmente el mandril, bajo presiones de gas de 40 psi o más, para asegurar el máximo contacto con el mandril. Después de 30 segundos de gasificación, la cavidad de la herramienta se abrió y se expulsó el mandril. El mandril parcialmente endurecido se curó posteriormente en un horno de microondas durante 90 segundos antes de sellarlo. Una vez que se retiró suficiente agua, el mandril se selló, primero utilizando un material de relleno (como Holcote™) para cerrar la porosidad externa del mandril y luego finalmente recubierto con una imprimación de yeso (como Valspar™). Después de que el sellador se secó por completo, se aplicó un agente de liberación (como Freecote™) al mandril para ayudar en la liberación del material compuesto.

Se envolvió entonces un material compuesto preimpregnado alrededor del mandril terminado de manera que se produjeran capas distribuidas uniformemente, como es conocido para los expertos en la técnica. Después de colocar el material compuesto sobre el mandril, se aplicó una capa de liberación (como Capa Provisional, Película de Liberación Porosa, etc.). Luego, el mandril se envolvió en un material aireador, permitiendo que un vacío se distribuyera bien alrededor del mandril. Después de aplicar el aireador, el mandril se empaquetó en un sobre hermético y se aplicó un vacío a la pieza. Luego, la pieza se colocó en un horno para ser curada a aproximadamente 66°C (150°F) durante 1 hora. La estructura resultante contiene fibra de carbono fuertemente compactada con normalmente

menos del 40% de epoxi, y el epoxi se endureció para formar una pieza terminada fuerte. Luego se enfrió la pieza, se retiró del horno y se desempaquetó, y se retiró la capa de liberación, dejando la pieza terminada con el mandril todavía intacto.

- 5 Para eliminar el mandril, la pieza se sumergió durante varios minutos en un recipiente con agua y se enjuagó con agua a presión. El mandril de este modo se disolvió y se retiró de la pieza de material compuesto terminada, que luego se dejó secar, dejando una pieza de material compuesto hueca sin juntas. El proceso total desde la inyección del material hasta la pieza de material compuesto terminada para este ejemplo específico fue de aproximadamente dos horas. El ejemplo anterior pretende ser un modo de realización representativo del mandril y los métodos descritos en el presente documento, y no pretende ser exclusivo o limitante de ninguna modo.
- 10 Los productos, materiales, métodos y máquinas divulgados en el presente documento proporcionan varias ventajas sobre los productos, materiales, métodos y máquinas anteriores. Por ejemplo, en ciertos modos de realización donde se usa un aglutinante soluble en agua, el mandril puede retirarse fácil y rápidamente de la estructura de material compuesto en menos de un minuto o dos sencillamente sumergiendo la estructura de material compuesto y el mandril en un baño de agua corriente o sometiéndolo luego a vapor. Una ventaja concreta de la presente invención es que las
- 15 operaciones de mecanizado y acabado en el mandril pueden eliminarse y el mandril puede usarse para formar superficies complejas de producto interiores o exteriores. Además, el mandril es de dimensiones estables y puede soportar altas presiones.

REIVINDICACIONES

1. Un método (600) para fabricar un artículo, que comprende:
preparar una mezcla (603) no fluida que comprende:
un material (601) de áridos que comprende cenosferas; y
- 5 un material (602) aglutinante que comprende un material aglutinante orgánico y un material aglutinante inorgánico, en donde el material aglutinante orgánico comprende polivinilpirrolidona del 1% al 30% en peso de la mezcla, y el material aglutinante inorgánico comprende silicato de sodio del 1% al 20% en peso de la mezcla;
fluidizar la mezcla aplicando energía cinética a la mezcla;
dirigir la mezcla fluidizada a una forma de molde (605) para formar un mandril (607) verde;
- 10 endurecer el mandril verde para formar un mandril; y
formar un material compuesto o un material (608) de polímero en el mandril para producir el artículo (610).
2. El método de la reivindicación 1, en donde la mezcla se fluidiza arrastrando la mezcla en un medio (604) fluido presurizado, y la mezcla es dirigida al molde impulsando el medio fluido y la mezcla al molde, en donde el medio fluido es capaz de escapar del molde y la mezcla no fluida permanece en el molde.
- 15 3. El método de la reivindicación 1, que comprende además comprimir la mezcla en el molde antes de endurecer el mandril verde.
4. El método de la reivindicación 1, que comprende además:
solubilizar el material aglutinante mediante la aplicación de agua al mismo, para retirar el mandril del artículo.
5. El método de la reivindicación 1, en donde el material aglutinante orgánico comprende polivinilpirrolidona desde
- 20 aproximadamente un 3% a aproximadamente un 10%.
6. El método de la reivindicación 1, en donde el mandril verde se endurece activando el material aglutinante para endurecer parcialmente el mandril verde para que forme un mandril parcialmente endurecido, retirando el mandril parcialmente endurecido del molde y completando el proceso de endurecimiento después de la retirada.
7. El método de la reivindicación 1, en donde endurecer el mandril verde comprende secar el mandril verde.
- 25 8. El método de la reivindicación 1, que comprende además:
curar el material compuesto o material de polímero exponiendo el material a una fuente de energía, para formar el artículo, preferiblemente mediante una técnica seleccionada del grupo que consiste en:
aplicación de calor, aplicación de presión, aplicación de luz u otra onda electromagnética, reacción química o cualquier combinación de dichas técnicas.
- 30 9. El método de la reivindicación 1, en donde el artículo es un artículo de material compuesto, el método que comprende además:
formar un segundo material en el mandril junto con el material de polímero para producir el artículo de material compuesto.
10. Una mezcla (603) para usar en la fabricación de un mandril (607), que comprende:
- 35 un material (602) aglutinante orgánico que comprende polivinilpirrolidona del 1% al 30% en peso de la mezcla;
un material (602) aglutinante inorgánico que comprende silicato de sodio del 1% al 20% en peso de la mezcla; y
un material (601) de áridos que comprende cenosferas.
11. La mezcla de la reivindicación 10, en donde la mezcla comprende desde aproximadamente un 3% a aproximadamente un 10% de polivinilpirrolidona.
- 40 12. La mezcla de la reivindicación 10, que comprende además al menos un aditivo seleccionado del grupo que consiste en: sales anhidras, disolventes, hidróxidos alcalinos, tensioactivos, aditivos resistentes a la humedad, potenciadores de colapsibilidad, conservantes, colorantes, agentes de carga, aditivos de resistencia al calor, potenciadores de flujo y recubrimientos refractarios.

13. La mezcla de la reivindicación 10, en donde al menos uno del aglutinante orgánico y el aglutinante inorgánico se puede curar por microondas.

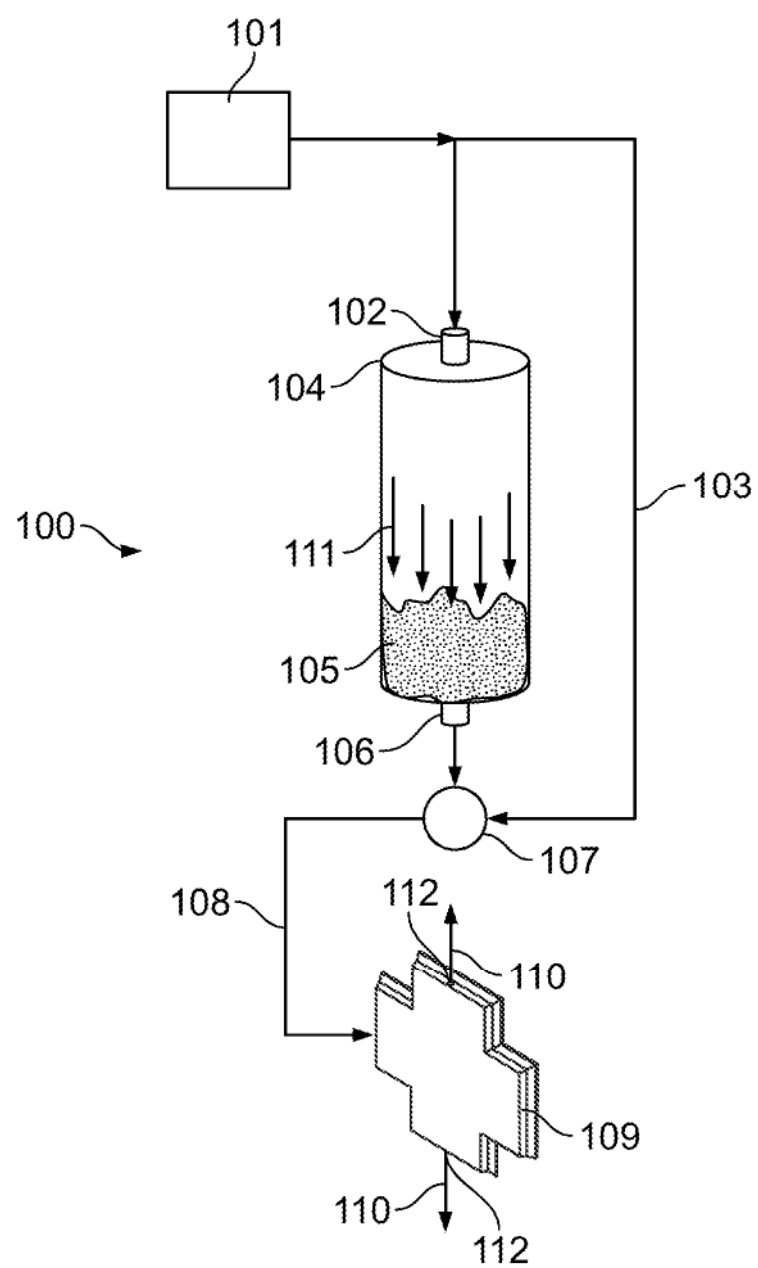


FIG. 1

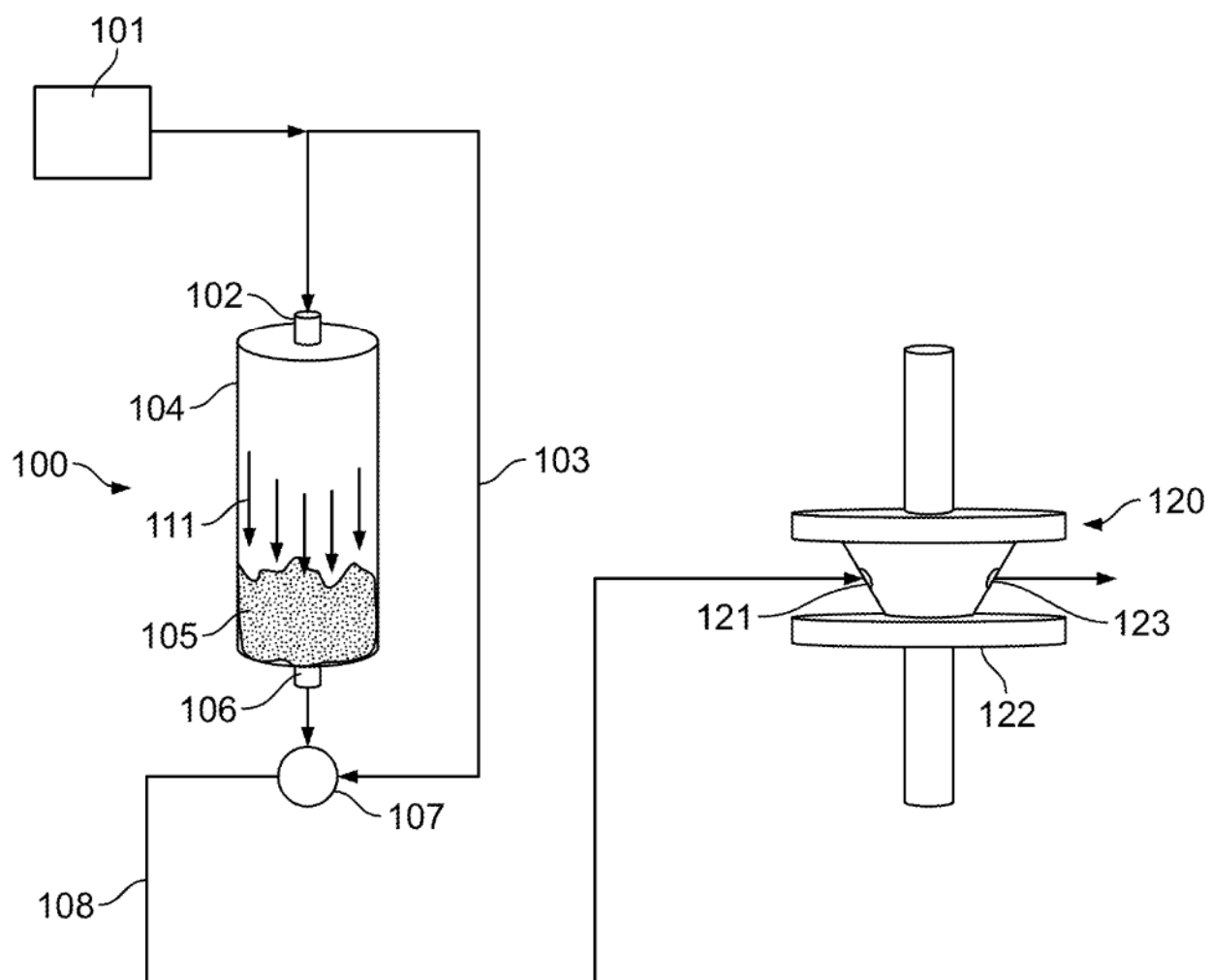


FIG. 2

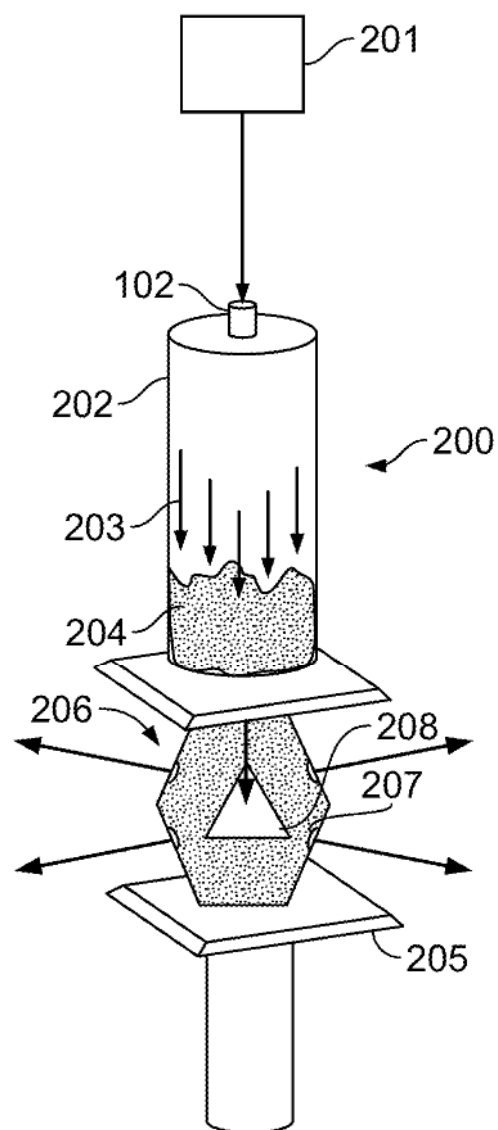


FIG. 3

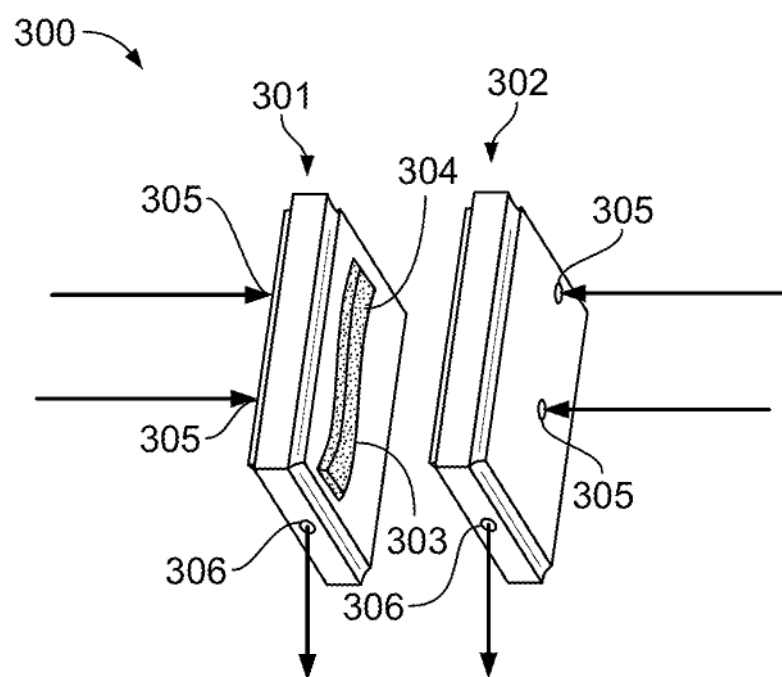


FIG. 4

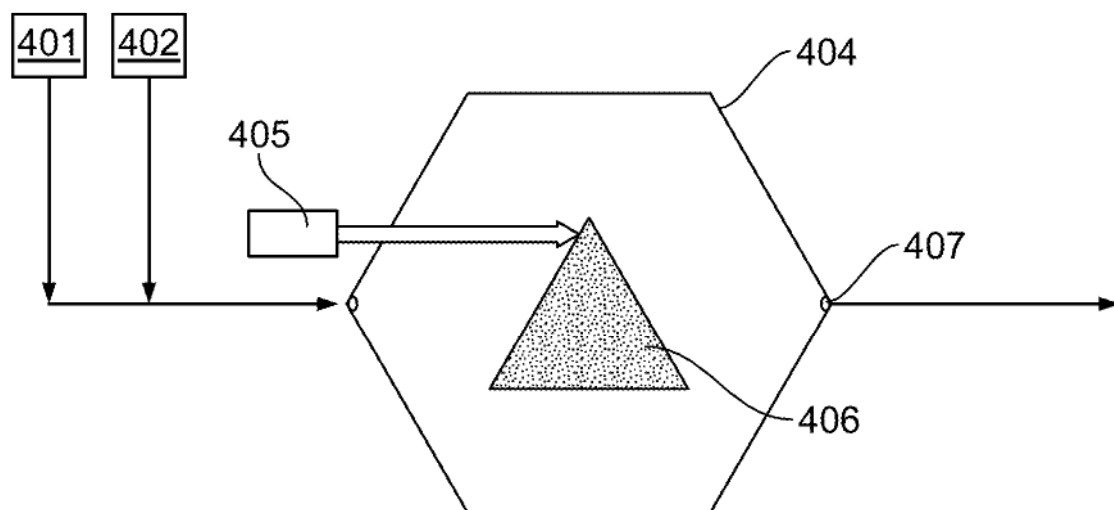


FIG. 5

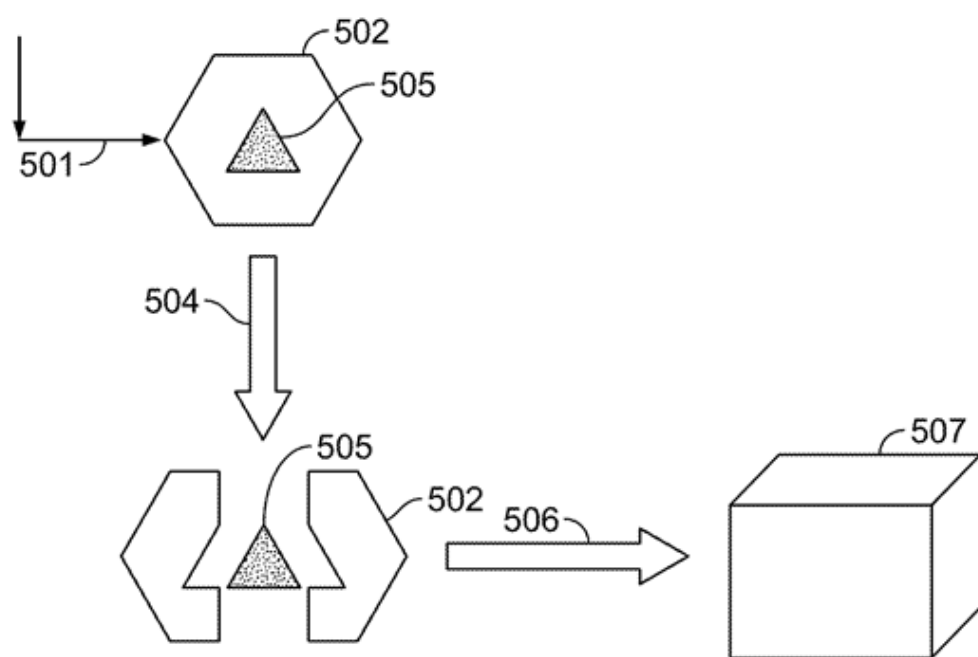


FIG. 6

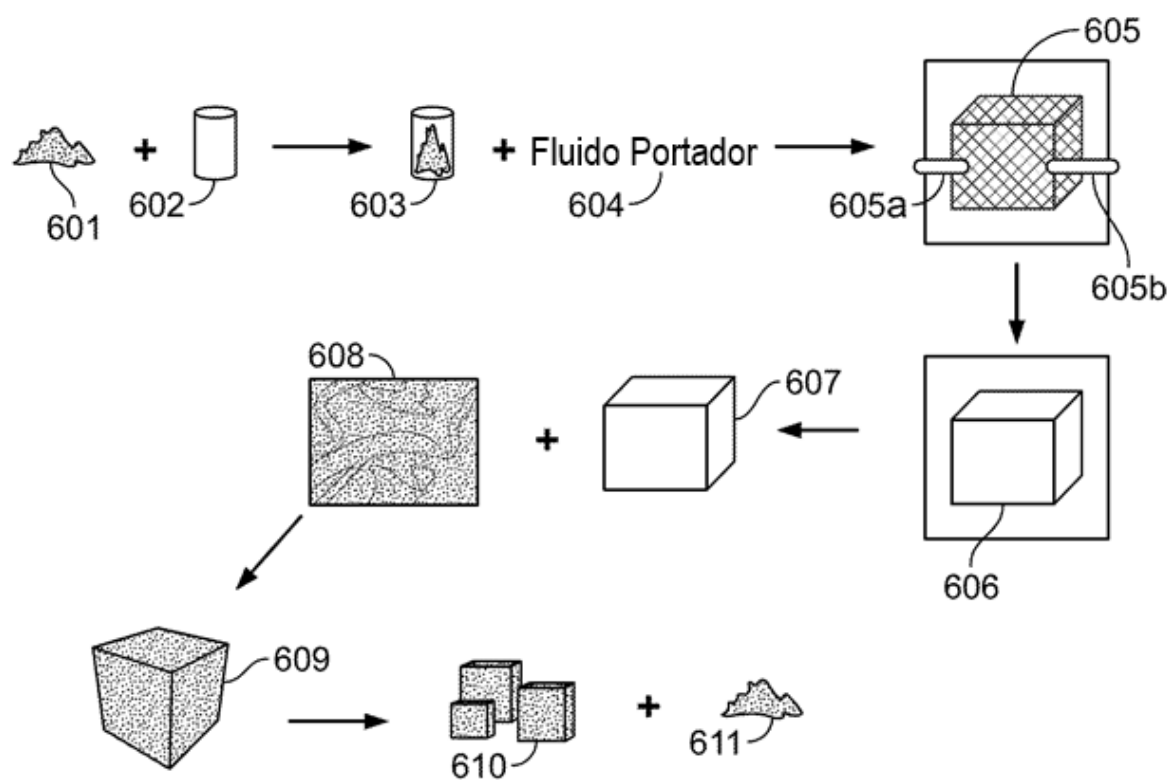


FIG. 7

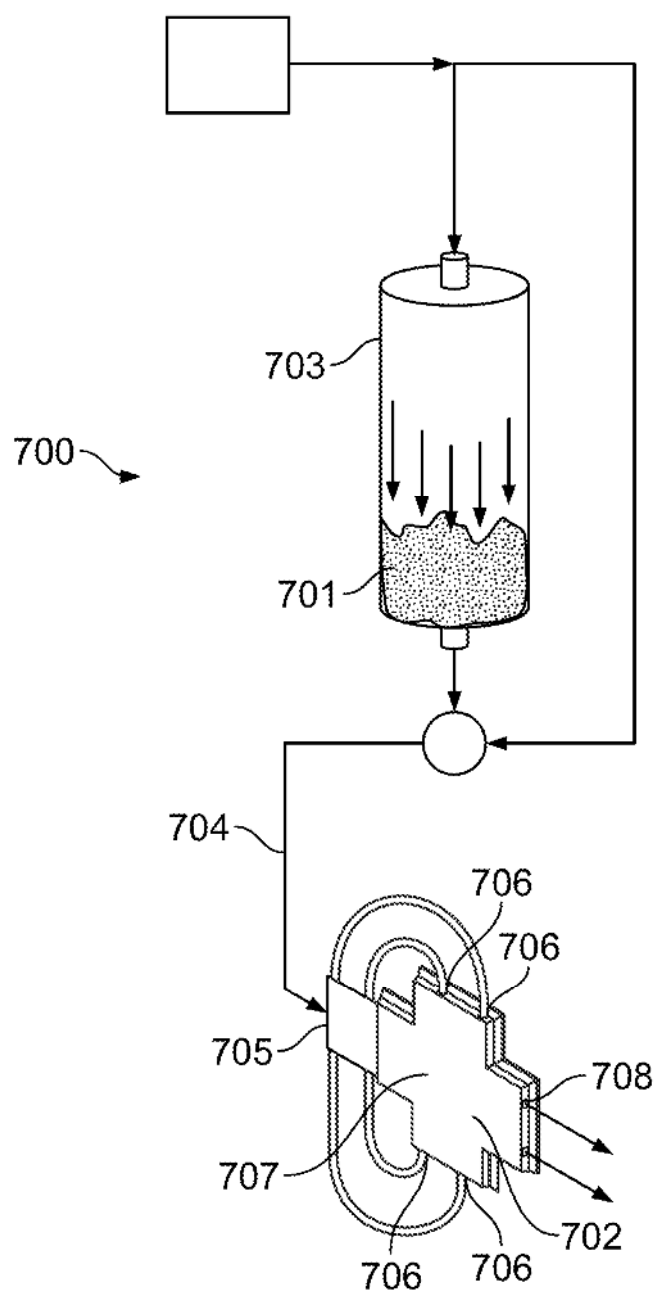


FIG. 8