

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 009 746**

51 Int. Cl.:

<b>B28B 1/00</b>	(2006.01) <b>B05B 7/14</b>	(2006.01)
<b>B28B 3/20</b>	(2006.01) <b>B05B 15/25</b>	(2008.01)
<b>B28C 5/12</b>	(2006.01) <b>B28B 23/02</b>	(2006.01)
<b>B28C 5/16</b>	(2006.01) <b>B29C 64/106</b>	(2007.01)
<b>E04F 21/12</b>	(2006.01) <b>B29C 64/209</b>	(2007.01)
<b>B33Y 30/00</b>	(2015.01) <b>B33Y 10/00</b>	(2015.01)
<b>E04G 21/04</b>	(2006.01) <b>B01F 27/191</b>	(2012.01)
<b>C04B 28/04</b>	(2006.01)	
<b>B05B 7/04</b>	(2006.01)	
<b>B05B 7/08</b>	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.07.2018 E 18181278 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2024 EP 3431172**

54 Título: **Boquilla para hormigón, mortero o similares, así como su uso**

30 Prioridad:

**30.06.2017 AT 505382017**

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

**31.03.2025**

73 Titular/es:

**BAUMIT BETEILIGUNGEN GMBH (100.00%)  
Wopfig 156  
2754 Waldegg, AT**

72 Inventor/es:

**KARAIVANOV, ALEXANDER;  
BALOG, OLIVER;  
WEISSMANN, PETER;  
STEINBRECHER, BERND y  
MATERNA, HELMUT**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 3 009 746 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**

Boquilla para hormigón, mortero o similares, así como su uso

5 La presente invención se refiere a un sistema de impresión 3D para dispensar hormigón, mortero o similar, con una boquilla, con una abertura principal para dispensar el hormigón, mortero o similar, con al menos una  
 5 abertura adicional para suministrar al menos un aditivo y con una abertura de descarga para dispensar el hormigón, mortero o similar mezclado con el aditivo.

Se conocen diversas técnicas para aplicar hormigón. Una opción comúnmente utilizada es verter el concreto en cubos de concreto, usar una grúa para levantarlos por encima del área a hormigonar (que generalmente está limitada por encofrado) y luego abrir el fondo del cubo de concreto para que el concreto fluya.

10 El hormigón proyectado se utiliza a menudo, sobre todo en la construcción de túneles. En el proceso de pulverización húmeda, el cemento, los áridos y el agua se mezclan y se transportan mediante una bomba de mortero a una boquilla pulverizadora, que pulveriza la mezcla utilizando aire comprimido suministrado por separado y la acelera para su aplicación. Se añade acelerador al hormigón proyectado en la boquilla, que se  
 15 mezcla con el hormigón proyectado como resultado del aire comprimido, en parte en la boquilla, en parte durante el lanzado hasta el punto de impacto y allí mismo debido al efecto mecánico del impacto (también del hormigón posterior).

Otra opción son las llamadas (auto)bombas de hormigón. En estos sistemas, el hormigón es bombeado directamente al punto de uso por la hormigonera a través de una manguera de hasta aproximadamente 120 m de largo, con el extremo abierto de la manguera colocado sobre el área a hormigonar.

20 El hormigón premezclado normalmente se bombea a través de la manguera y se entrega sin cambios al punto de uso. Sin embargo, ya se sabe por los documentos DE 20215662 U1 y JP H04269299 A que para dosificar hormigón de fraguado rápido en un encofrado está prevista al final de una línea directamente delante del encofrado una mezcladora que está diseñada para mezclar acelerador y hormigón líquido. Para ello, la mezcladora dispone de entradas separadas para hormigón y aceleradores, así como de un agitador accionado  
 25 activamente.

Según este documento están previstos los revestimientos en la construcción de túneles. El hormigón se coloca desde abajo en el encofrado, que tiene un agujero en el punto correspondiente. El mezclador se encuentra horizontalmente debajo del encofrado. El hormigón se introduce en la mezcladora desde abajo, de modo que se desvía 90° en la mezcladora. Después de pasar por la instalación mezcladora, el hormigón se desvía por  
 30 segunda vez 90° para que pueda entrar verticalmente desde abajo en el encofrado. Por tanto, el ángulo entre el eje longitudinal del mezclador y la dirección de descarga de la boquilla es de 90°. El tubo del mezclador puede (ver página 6 de este documento, renglones 9 - 11) tener una longitud de entre 30 y 100 cm y un diámetro de entre 10 y 30 cm. Esta boquilla está diseñada para introducir grandes cantidades de hormigón aún líquido en el encofrado.

35 Por último, la impresión 3D para hormigón y mortero también ha despertado un interés creciente en el pasado reciente. La mayoría de los procesos se pueden describir como trabajos listos para el mercado según el principio de "impresión en polvo": se aplica una capa de hormigón, mortero o aglutinante seco y en polvo sobre toda la superficie y luego se imprime selectivamente con agua o aglutinante líquido utilizando la tecnología conocida de impresión por inyección de tinta. Esto hace que el hormigón o mortero se endurezca en estas  
 40 zonas. Luego se aplica la siguiente capa de hormigón, mortero o aglutinante secos sobre toda la superficie y luego se imprime nuevamente con agua o aglutinante líquido. Esto se repite hasta que se construye el modelo deseado. De este modo se crea el cuerpo deseado, que debe liberarse del polvo circundante una vez finalizado el proceso de formación de capas. Un método de este tipo se describe, por ejemplo, en el documento DE 102011105688 A1.

45 Son desventajosos en este caso

- a) la elevada proporción de hormigón, mortero o aglomerante en polvo sin reaccionar;
- b) los altos valores necesarios de agua/cemento o agua/aglutinante, que dan como resultado resistencias bajas;
- c) la baja densidad de empaquetamiento de las capas sólidas de concreto o mortero resultantes debido a la baja densidad del relleno seco cuando se aplican; y
- 50 d) bordes de las capas/bandas mal definidas, ya que a veces se aspira agua o aglutinante hacia afuera de forma indefinida. Esto se manifiesta en superficies delimitadoras exteriores e interiores rugosas de los objetos construidos.

b) y c) conducen a resistencias bajas. Esto se manifiesta, por un lado, en largos tiempos de espera hasta que el material impreso pueda separarse del material seco circundante y, por otro lado, en bajas resistencias finales

que se pueden alcanzar (lo que sería importante, por ejemplo, para lograr resistencia a las heladas o resistencia a las heladas y a la sal de deshielo).

5 Lo mismo se aplica al sistema descrito en el documento US 8211226 B2: allí se proporciona una receta concreta especial para una ZPrinter®. La impresora 3D vendida bajo la marca ZPrinter® al menos retorna el material en polvo sobrante al contenedor de almacenamiento, de modo que al menos se reduce el consumo de material.

10 Por último, no faltan los intentos de aplicar el material directamente en forma líquida y endurecerlo inmediatamente después. Un ejemplo de esto se describe en el documento WO2016/024863 A1. Según este documento, los modelos 3D se fabrican a partir de una mezcla de arcilla y cenizas volantes, que se convierte en una forma de gránulos, y luego se sopla gránulo tras gránulo hasta el lugar deseado utilizando aire comprimido, y cada gránulo se cura con aire caliente o láser inmediatamente después de la aplicación.

Es obvio que este proceso es relativamente lento porque el modelo deseado debe construirse y curarse gránulo a gránulo.

Un sistema de impresora 3D del tipo mencionado se conoce por el documento CN 204354263 U.

15 Es objeto de la presente invención diseñar un sistema de impresora 3D con una boquilla para dispensar hormigón plástico, mortero o similar del tipo mencionado de tal forma que se puedan crear impresiones 3D directamente con ella.

20 Esta tarea se consigue según la invención mediante un sistema de impresora 3D con una boquilla del tipo mencionado, porque entre la abertura adicional y la abertura de descarga está previsto un mezclador accionado activamente con un tubo mezclador y el diámetro interior del tubo mezclador es de 2 - 8 cm, preferiblemente 2 - 6 cm, de manera particularmente preferida 2 - 4 cm.

Debido a este tamaño más pequeño en comparación con el documento DE 20215662 U1, esta boquilla es adecuada para dispensar pequeñas cantidades de hormigón (cantidades de mortero) con alta precisión, como se requiere en la impresión 3D.

25 Numerosas pruebas han demostrado que es posible añadir aceleradores al hormigón en la boquilla de tal manera y en tal cantidad que el fraguado comience en 1 - 2 minutos y finalice después de unos 10 minutos. Esto hace posible que el hormigón o mortero comience a endurecerse en la boquilla y que el hormigón se endurezca cuando sale de la boquilla. Esto hace posible interrumpir brevemente el suministro de material para mover la boquilla al siguiente punto donde se necesita material, sin que el fraguado comience ya en la boquilla. (Estos movimientos normalmente duran sólo unos segundos.) Por el contrario, el fraguado se realiza tan  
30 lentamente que aún no está terminado cuando se aplica la siguiente capa (la aplicación de una capa dura como máximo unos minutos), de modo que la nueva capa forma con la capa inferior una unión sólida, es decir, a través de la íntima unión capa - capa se crea un cuerpo monolítico. Sin embargo, el hormigón o mortero permanece dimensionalmente estable después de su aplicación debido a su rigidez.

35 Sin embargo, a diferencia del hormigón proyectado, es necesario prever un mecanismo de mezcla activo en la boquilla, de lo contrario no se consigue una mezcla homogénea del hormigón o mortero con el acelerador u otros aditivos, por ejemplo, mediante elementos guía pasivos (mezcladores estáticos) u otros tipos de introducción del acelerador (por ejemplo, inyección a través de boquillas anulares).

Sin embargo, según la invención, una introducción precisa y homogénea de aceleradores o aditivos en el hormigón o mortero es esencial para una ejecución exacta de objetos y componentes 3D.

40 La boquilla permite dosificar específicamente aditivos en una corriente continua de hormigón o mortero poco antes de la aplicación 3D y mezclarlos de forma intensiva y homogénea en muy poco tiempo mediante un mezclador accionado activamente.

45 Es evidente que a este respecto la herramienta mezcladora utilizada en el tubo mezclador es de suma importancia. Preferiblemente, en el tubo mezclador está prevista una herramienta mezcladora con elementos mezcladores, que están configurados como palas, paletas, varillas o como uno o varios conductos helicoidales. Las hélices se pueden accionar total o parcialmente en direcciones opuestas o paralelas al flujo de material.

50 Para implementar un mezclador activo de una manera sencilla, según una realización de la invención está previsto que la boquilla tenga un primer tramo y un segundo tramo recto, estando prevista la abertura principal al inicio del primer tramo y estando prevista la abertura de descarga en el extremo final de la segunda sección, que el mezclador tiene un eje que está dispuesto coaxialmente en la segunda sección y lleva los elementos mezcladores, que el eje penetra en la segunda sección opuesta a la abertura de descarga y que se proporciona un motor fuera de la boquilla para accionar el eje. De esta manera, se puede proporcionar un eje recto y rígido impulsado por un motor fuera de la boquilla, de modo que el motor no tenga que estar sellado de forma especial para soportar el flujo de material.

- 5 En una variante preferida, el eje está configurado como un cigüeñal. Las barras transversales del eje, que están dispuestas perpendicularmente al flujo de mortero, "interrumpen" repetidamente el flujo de mortero y, por lo tanto, lo mezclan intensamente, y las barras longitudinales, que pasan justo por el tubo de mezcla, provocan altas fuerzas de corte y, por lo tanto, también una mezcla completa. Es ventajoso que el eje esté provisto además de elementos mezcladores en forma de barras transversales y/o barras longitudinales.
- Es conveniente que el ángulo interior  $\beta$  entre el primer tramo y el segundo tramo sea obtuso, preferentemente de al menos  $120^\circ$ . De esta forma, sólo es necesario desviar un poco el hormigón o mortero, por lo que el riesgo de obstrucción es bajo.
- 10 Además, es conveniente que el ángulo entre el eje longitudinal del tubo mezclador y la dirección de descarga de la boquilla sea como máximo de  $75^\circ$ , preferiblemente como máximo de  $30^\circ$ , de manera especialmente preferida como máximo de  $10^\circ$ , en particular aproximadamente  $0^\circ$ .
- 15 Debido a la necesaria homogeneidad y precisión del flujo volumétrico, el hormigón o el mortero, en la medida de lo posible, no deberían estar sometidos a esfuerzos mecánicos después de haber sido mezclados con el acelerador u otros aditivos en el elemento mezclador y, en particular, ya no deberían ser desviado por razones de flujo. Por este motivo, la desviación máxima después del mezclador debería ser claramente inferior a  $90^\circ$ , preferiblemente sin ninguna desviación.
- Preferiblemente, entre el mezclador y la abertura de descarga está prevista una válvula para detener brevemente el flujo de material y/o la boquilla tiene una entrada para aire comprimido para soplar el hormigón, mortero o similar.
- 20 De este modo se puede detener el flujo de material en poco tiempo según se desee: o está prevista una válvula situada delante de la abertura de descarga; y/o la boquilla o la abertura de salida está configurada como boquilla de aire comprimido (proceso de aplicación por pulverización), de modo que una interrupción en la aplicación del material se puede detener brevemente mediante la interrupción del flujo de aire comprimido y/o también mediante una válvula conectada de modo previo.
- 25 Preferiblemente, la válvula es una válvula de compresión accionada neumáticamente. Estas válvulas son robustas y pueden cerrarse rápidamente suministrando aire comprimido y también se abren rápidamente cuando se interrumpe el suministro de aire comprimido.
- 30 Como ya se mencionó, el concreto comienza a fraguar 1 - 2 minutos después de entrar en contacto con el acelerador. Por lo tanto, las interrupciones breves en el proceso de impresión son problemáticas, a menos que se tomen más precauciones. Por este motivo, según otra configuración de la invención, en la zona de la abertura adicional está prevista una válvula de 3 vías, preferentemente una válvula de aguja, que puede interrumpir la zona de contacto del acelerador o del aditivo con el hormigón, mortero o similares.
- 35 El acelerador u otros aditivos se introducen a través de una válvula inyectora de 3 vías, que en una realización preferida se controla mediante aire comprimido y abre o interrumpe y cierra neumáticamente la zona de contacto del acelerador o aditivo mediante un mecanismo de apertura, o de interrupción o cierre de aguja (válvula de aguja). Esto evita que la abertura de entrada del acelerador o aditivo se tapone por el hormigón/mortero endurecido en la zona de contacto inmediata.
- 40 Preferiblemente, el enjuagador también se puede suministrar a través de la válvula de 3 vías. La boquilla está diseñada de tal manera que, si el proceso de impresión se detiene durante un período de tiempo más largo, se puede realizar a continuación un proceso de limpieza en el que se puede enjuagar y limpiar con agua de enjuague toda el elemento de mezclado y el correspondiente interior del mezclador.
- 45 Según otra configuración de la invención está previsto que para los trabajos de limpieza y mantenimiento la boquilla esté compuesta por dos medias carcasas, estando situada preferiblemente dentro de las medias carcasas un cartucho de desgaste que se apoya en la pared del tubo mezclador, para evitar la abrasión y el desgaste en las paredes de las medias carcasas y así extender la vida útil de los componentes de la boquilla. La boquilla está diseñada de tal manera que se puede desmontar fácilmente en dos partes (medias carcasas) y todas las áreas internas son accesibles y, por lo tanto, se pueden limpiar y mantener.
- 50 Los componentes u objetos impresos de hormigón/mortero que se imprimen mediante procesos de fabricación aditiva reciben una estructura superficial especial mediante el proceso típico (proceso de filamentos, las distintas bandas o capas se construyen una tras otra, capa por capa). Se trata de una ranura, un surco o una capa, ya que, como es habitual en el proceso, en la zona del borde de las capas//ayers individuales no se produce una unión exacta y sin espacios de las distintas capas//ayers. Además de un ligero debilitamiento mecánico de la estructura del componente causado por las ranuras o surcos (efecto de muesca), la superficie no homogénea también ofrece una mayor superficie de ataque para influencias externas posteriores de diferente tipo (exposiciones como agua u otros líquidos, heladas, hielo - deshielo, carbonatación, ataque químico, microorganismos, depósitos de diversa índole, etc.). La estructura superficial en forma de ranuras
- 55

descrita puede tener un efecto desventajoso, especialmente desde el punto de vista de la impresión visual, ya que, a diferencia de las superficies lisas, no da una impresión perfectamente homogénea.

5 Otra desventaja de la superficie en forma de ranura, surcos o capas es que los revestimientos y *coatings* posteriores sólo se pueden aplicar con un mayor consumo de material en comparación con superficies lisas o, debido a la estructura de la superficie y al acceso más difícil para los revestimientos, sólo con un mayor esfuerzo técnico.

Para evitar esta ranura, surco o superficie en forma de capa o al menos hacerla menos pronunciada, la boquilla presenta preferiblemente un elemento alisador que puede girarse indefinidamente alrededor de la abertura de descarga y cuyo ángulo de inclinación es ajustable con respecto al eje. de la abertura de descarga.

10 Los elementos alisadores como espátulas, llanas, etc. presentan superficies lisas de materiales tales como metal, plástico, madera, cerámica, etc. Con ayuda de tales elementos alisadores se pueden utilizar materiales plásticos blandos o materiales que actualmente se están solidificando/endureciendo, como por ejemplo hormigón, mortero, solera, yeso, masillas, adhesivos, etc. pueden alisarse mediante acción mecánica sobre la superficie. La acción mecánica (retirar, extender, nivelar) del elemento alisador produce una igualación, 15 homogeneización y, por tanto, un alisado de la superficie del componente.

Con un elemento alisador sólo se puede alisar un lado, el interior o el exterior, del componente a fabricar. Normalmente basta con alisar el exterior. Si también se desea alisar el interior, se puede prever otro elemento alisador en relación con la abertura de descarga opuesta al elemento alisador.

20 Por regla general, el elemento alisador y eventualmente también el otro elemento alisador son guiados tangencialmente sobre la superficie a alisar. En el caso de un elemento alisador sustancialmente plano, esto significa que existe una normal a este plano del elemento alisador que corta el eje de la abertura de descarga. Al posicionarse en el plano tangencial con relación a cualquier punto espacial en la superficie del componente a alisar, se pueden obtener geometrías complejas como, por ejemplo, se pueden alisar formas libres de curva simple o doble.

25 Una de las propiedades básicas esenciales de los materiales de construcción minerales aglutinados con cemento (hormigones y morteros) es que tienen altas resistencias a la compresión, pero comparativamente bajas resistencias a la tracción o a la flexión. En caso de carga, el componente casi siempre está sujeto a fuerzas de tracción o flexión debido a fuerzas aplicadas estática o dinámicamente, que generalmente son responsables de la falla o rotura del componente si se excede su resistencia inherente. Por lo tanto, cuando se 30 producen fuerzas mayores y se producen cargas estáticas/dinámicas, actualmente lo más moderno es reforzar dichos componentes unidos con cemento. Para el refuerzo/refuerzo de componentes se utilizan principalmente inserciones de acero, pero también materiales alternativos a partir de materiales base fibrosos como carbono, SiC, basalto, cerámica, wollastonita, vidrio AR o materiales poliméricos en forma de fibras, rejillas, varillas, hilos, tejidos, trenzas, soportes, etc.

35 Todos estos materiales tienen la propiedad básica de que pueden absorber fuerzas de tracción o de flexión muy altas y, en combinación con los materiales de construcción minerales ligados al cemento, relativamente frágiles, en los componentes, logran una mejora significativa en las propiedades de resistencia a la tracción y a la flexión.

40 Para poder aprovechar estas ventajas en la impresión 3D según la invención, otra configuración prevé que la boquilla presente dos aberturas de salida separadas entre sí, de modo que entre las aberturas de salida se encuentre un elemento de refuerzo en forma de tiras, rejillas, cintas, trenzas, tejas, esteras, varillas o hilos y se puede cubrir completamente con hormigón/mortero por ambos lados mediante la aplicación del material. Por razones de espacio, este elemento de refuerzo sólo puede tener una altura relativamente pequeña, por lo que se trata esencialmente de una banda o una tira. Según la invención se pueden disponer varias tiras, cintas, 45 trenzas, tejidos o esteras superpuestas entre sí, de modo que en conjunto resulta un elemento de refuerzo plano.

El elemento de refuerzo puede ser flexible, deformable y desviable, pero también rígido. Estos pueden ser elementos de refuerzo textiles o fibrosos, pero también refuerzos de materiales metálicos, poliméricos u otros materiales no metálicos. La deformación flexible del elemento de refuerzo también puede ser posible, por 50 ejemplo, mediante un tratamiento térmico de corta duración del elemento de refuerzo.

Alternativamente, también se pueden prever dos boquillas según la invención en un sistema de impresora 3D para hormigón y mortero y similares, guiando un controlador las dos boquillas de forma sincronizada a ambos lados de un elemento de refuerzo. En este caso, el elemento de refuerzo puede diseñarse para que tenga desde un principio una gran superficie.

55 Por medio de la utilización de las boquillas se fabrican objetos y componentes impresos en 3D a base de hormigón, mortero o similares, suministrando a través de la abertura adicional un acelerador de fraguado como aditivo. Como acelerador de fraguado se utiliza preferentemente una solución a base de sulfato de aluminio.

Además del acelerador de fraguado, mezclándolo con el acelerador se puede añadir al menos otro aditivo, en particular agua, pasta colorante, agente inclusor de aire, fluidificante, retardador, espesante, aglutinante, masilla, áridos y/o fibra o suministrándolo como "sustancia pura" a través de una abertura adicional propia.

5 Preferiblemente se utiliza un hormigón seco o un mortero seco, al que se adiciona agua y se mezcla muy cerca de la boquilla y se alimenta a la boquilla a través de una manguera. Dado que el hormigón o mortero en la manguera aún no se ha mezclado con el acelerador, el tiempo de residencia en la manguera no es crítico. Sólo después de añadir el acelerador en la boquilla el tiempo de residencia debe ser inferior a dos minutos para evitar con seguridad el fraguado en la boquilla.

10 Como ya se ha explicado con respecto al elemento alisador, los componentes u objetos impresos de hormigón/mortero que se imprimen mediante procesos de fabricación aditiva reciben mediante el proceso típico una estructura superficial en forma de ranura, surco o capa.

15 Por lo tanto, se prefiere utilizar la boquilla en la que, después de la aplicación capa por capa de hormigón, mortero o similar, las ranuras resultantes se rellenan mediante pulverización con una boquilla que tiene una entrada para aire comprimido para soplar el hormigón, mortero o similar, en cuyo caso, se deberán colocar previamente elementos de refuerzo, especialmente rejillas de refuerzo.

De esta manera, de forma similar a como se conoce el hormigón proyectado, se pulveriza hormigón o mortero o similar sobre la superficie de las ranuras, de modo que se rellenan las ranuras. Se puede colocar previamente una rejilla de refuerzo para mejorar la estabilidad mecánica del componente.

20 Si se desea colocar un elemento de refuerzo en el componente, es conveniente que éste se incorpore, se rocíe o se inyecta coaxialmente por ambos lados mediante dos boquillas guiadas espacialmente de forma independiente, aplicando hormigón/mortero por ambos lados.

25 En particular, si en un elemento de refuerzo no se deben incorporar dos boquillas guiadas independientemente, sino una boquilla con dos aberturas de descarga, el elemento de refuerzo no puede ser demasiado alto (ancho). Por lo tanto, es aconsejable construir una red de refuerzo homogénea dentro del componente mediante la superposición de elementos de refuerzo individuales. Por lo tanto, tampoco en este caso existe ningún inconveniente estático, aunque el refuerzo esté formado por elementos individuales en forma de tira.

#### Breve descripción de las figuras de los dibujos

30 La presente invención se explica con más detalle utilizando los dibujos adjuntos. Muestra: La figura 1 muestra una boquilla sin válvula de salida y sin suministro de aire comprimido, parcialmente en sección; la figura 2 muestra el extremo inferior de esta boquilla, provisto de una válvula; la figura 3 muestra el uso, mostrado esquemáticamente, de una boquilla según las figuras 1 y 2; la figura 4 muestra la aplicación capa por capa de hormigón o mortero con una boquilla según la figura 1; la figura 5 muestra la aplicación capa a capa de hormigón o mortero mediante una boquilla con suministro de aire comprimido; las figuras 6 a 8 diversas realizaciones preferidas de herramientas mezcladoras; la figura 9 es una vista despiezada de una boquilla; la figura 10 muestra una boquilla con un elemento alisador; la figura 11 la misma, parcialmente en sección; la figura 12 diferentes configuraciones de esta boquilla; la figura 13 es una vista similar a la figura 12, cada una de una boquilla con dos elementos alisadores; la figura 14 muestra el recubrimiento o alisado de una estructura ya impresa utilizando una boquilla con suministro de aire comprimido; la figura 15 lo mismo, pero utilizando una rejilla de refuerzo; la figura 16 una boquilla con dos aberturas de descarga en sección; la figura 17 la misma en una vista en perspectiva; las figuras 18 y 19 muestran boquillas correspondientes a las figuras 16 y 17, pero con suministro de aire comprimido; y la figura 20 muestra el uso de boquillas secundarias para producir un componente con rejilla de refuerzo integrada.

#### Descripción de los tipos de ejecución

45 La boquilla 21 según la figura 1 tiene una primera sección recta 22 y una segunda sección recta 23. En el extremo superior del primer tramo recto 22 hay una abertura principal 2 a través de la cual se puede suministrar hormigón, mortero o similar. En el extremo inferior del segundo tramo recto 23 se encuentra una abertura de descarga 6, acoplada a través de un acoplamiento de conexión 8', a través de la cual el material suministrado puede salir de nuevo de la boquilla. Entremedias se encuentra al menos una abertura adicional 3 a través de la cual se puede añadir un aditivo (líquido o pastoso). En cualquier caso, para la impresión 3D, este aditivo contendrá un acelerador de solidificación. El ángulo interno  $\beta$  entre la primera sección 22 y la segunda sección 23 es obtuso (por ejemplo  $135^\circ$ ), de modo que el material sufre sólo un ligero cambio de dirección cuando pasa a través de la boquilla 21 (por ejemplo  $45^\circ$ ). La segunda sección 23 se extiende más allá del punto de conexión entre la primera sección 22 y la segunda sección 23 hasta un acoplamiento de conexión 8. A través de este acoplamiento de conexión 8 está acoplado un cojinete de eje 7 con un motor 9. Este motor 9 acciona un eje 4 en el que están fijados elementos mezcladores 5 en forma de palas. En lugar de palas, también se pueden utilizar paletas, varillas o conductos helicoidales. De ello resulta un mezclador 24 en la zona entre las aberturas adicionales 3 y la abertura de descarga 6, de modo que la zona inferior de la segunda sección 23 también puede denominarse tubo mezclador 1.

En lugar de la abertura de descarga 6, se puede acoplar una válvula 10 con una abertura de descarga 6 al acoplamiento de conexión 8', como se muestra en la figura 2. Esta válvula 10 es una válvula de compresión neumática; Cuando se sopla aire comprimido a través de la abertura de entrada 25, la manguera flexible 26 se comprime hasta que su diámetro interior llega a ser casi cero y así se detiene cualquier flujo de material. Si se detiene el suministro de aire comprimido en la abertura de entrada 25, la manguera 26 vuelve a la forma mostrada en la figura 2 y se puede dispensar material de impresión a través de la abertura de descarga 6. Con el control adecuado, se puede crear un cordón de cualquier longitud o aplicar el material punto por punto.

El uso de dicha boquilla 21 se explica con referencia a la figura 3. Debido al inicio relativamente rápido del endurecimiento, el material en la boquilla 21 comenzaría a endurecerse ya durante fases de parada más largas del proceso de impresión, por ejemplo, durante fases de parada más largas de varios minutos o después de finalizar la impresión del componente. En la práctica, el rápido endurecimiento del material que se produce muy rápidamente conduce a una fuerte compactación en el mezclador 24, a un desplazamiento del tubo mezclador 1 y, en el *worst case*, a un "hormigonado" del interior del tubo mezclador y, por tanto, a daños irreversibles a la boquilla 21. Como resultado, existe el riesgo de obstruir las líneas de suministro del acelerador u otros aditivos en su abertura de entrada al tubo de mezcla 1, es decir, en el área de la abertura adicional 3.

Un contenedor de almacenamiento contiene hormigón bombeable o mortero que se ha mezclado en el sitio con mortero seco y agua. Alternativamente, se puede utilizar hormigón premezclado de una planta de hormigón premezclado, hormigón o mortero premezclado en el lugar o mortero prefabricado. El hormigón o mortero bombeable se bombea a la abertura principal 2 mediante una bomba de mortero a través de una válvula interruptora 36. Además, está previsto un recipiente de almacenamiento para un acelerador, que se alimenta a la abertura adicional 3 a través de una bomba de acelerador, una válvula magnética 38 y una válvula de tres vías 13. Naturalmente, la bomba aceleradora debe adaptar el caudal de transporte al rendimiento del mortero. El acelerador se distribuye uniformemente en el hormigón o mortero mediante el mezclador 24, y el mortero mezclado con el acelerador se puede dispensar desde la abertura de descarga 6 en dosis precisas usando la válvula 10.

De manera idéntica al proceso descrito, en el área circundante de la abertura adicional 3 pueden estar previstas otras aberturas adicionales 3 para la dosificación de aditivos adicionales, como se muestra en la figura 1.

La boquilla 21 está diseñada de tal manera que se puede realizar un proceso de limpieza durante una parada programada del proceso de impresión usando el agua de enjuague para enjuagar y limpiar toda la planta mezcladora 24 y la cámara adecuada de la mezcladora.

El acelerador u otros aditivos se introducen a través de la válvula de tres vías 13, a la que se puede suministrar no sólo aditivo a través de la válvula magnética 38, sino también agente de enjuague (en particular agua de lavado 40) a través de una válvula magnética 39. En una realización preferida, la válvula de 3 vías 13 se controla mediante aire comprimido y abre o interrumpe y cierra neumáticamente la zona de contacto del acelerador o aditivo mediante un mecanismo de apertura y cierre de aguja (válvula de aguja). Esto evita que la abertura de entrada del acelerador o aditivo se tapone por el hormigón/mortero endurecido en la zona de contacto inmediata.

Procedimiento para el caso de interrupción de la impresión con limpieza:

Para la limpieza es necesario interrumpir el flujo de hormigón o material de mortero en el lado de entrada para evitar una mayor entrada de material. Para ello se utiliza la válvula interruptora 36. Inmediatamente debajo de la válvula interruptora 36, a través de una abertura de entrada se introduce agua de lavado 40 en el tubo mezclador 1, conmutada a través de una válvula magnética 37, y por la primera sección de la boquilla se realiza la mezcla completa. De este modo se lavan el mecanismo 24 y la cámara de mezcla. Además, al introducir el acelerador o al introducir otros componentes/aditivos adicionales, la línea de suministro se limpia cambiando la válvula inyectora de 3 vías 13 a una solución de lavado 40. Esto asegura que no haya obstrucciones en la línea de suministro o en la boquilla 21 en la zona de contacto inmediato del hormigón/mortero y el acelerador o componentes adicionales.

Controlando adecuadamente las electroválvulas se puede garantizar, por ejemplo, al pasar al proceso de lavado, que se detengan la bomba de transporte de hormigón o mortero y la inyección del acelerador, estando situada la válvula de interrupción 36 del lado de entrada (preferiblemente una válvula de compresión) en la tira de hormigón está cerrada y las electroválvulas 37 y 39 de las tuberías de lavado y la válvula del lado de salida 10 están abiertas.

Durante un tiempo adicional de operación del mezclador 24, se enjuagan todas las áreas de la boquilla 21. Después de la fase de enjuague, con este concepto de limpieza también se pueden conseguir tiempos de inactividad más prolongados.

La ventaja del concepto de lavado y limpieza descrito es que el proceso de impresión se puede hacer mucho más flexible y variable que en un proceso de impresión continuo, permitiendo interrupciones de impresión de corta duración.

Después de la fase de parada se activan de nuevo la bomba de transporte de hormigón o mortero y luego los dispositivos de transporte y dosificación del acelerador o de los aditivos y se puede continuar con el proceso de impresión.

5 Para interrupciones breves durante la impresión, es suficiente con que la bomba de transporte de hormigón o mortero y la inyección de acelerador o aditivo se detengan brevemente mientras el hormigón/mortero permanece en la zona de mezcla.

El siguiente texto describe detalladamente los posibles estados del sistema y procesos de control de la boquilla 21:

10 El principio básico es que la boquilla 21 tiene los mecanismos de apertura y cierre descritos en la figura 3 para los componentes individuales del material, que pueden conmutarse automáticamente en forma de una serie de válvulas diferentes mediante un sistema de control electrónico para habilitar varios procesos y estados del sistema como inicio, impresión, parada y pasos de limpieza.

15 En el caso de las válvulas 36 a 39 mostradas en la figura 3, la válvula de tres vías (válvula de cierre del acelerador) 13, que está configurada preferentemente como válvula de aguja, la válvula de compresión 10 en el extremo de la boquilla y los dos conductos para el agua de lavado 40 se puede cambiar automáticamente entre los siguientes estados del sistema:

Tabla 1

"Modo de inicio/Llenado"	36, 10 abiertas; 37; 38, 39, 13 cerradas
"imprimir"	36, 10; 38, 13, abiertas; 37, 39 cerradas
"Parada de corta duración"	todas las válvulas enumeradas cerradas
"Enjuague de inyector"	39, 13, 10 abiertas; 36, 37, 38 cerradas
"Enjuague de boquilla"	37, 10 abiertas; 36; 38, 39, 13 cerradas

20 El estado del sistema "Modo de inicio/Llenado" precede al proceso de impresión. Esto garantiza que la zona de mezcla ya esté llena de mortero/hormigón cuando comience la impresión.

En el estado del sistema "Imprimir", todas las válvulas están abiertas, sólo las válvulas solenoides 37 y 39 para el agua de enjuague están cerradas.

25 Para cambiar la posición espacial de la boquilla entre vías de presión no contiguas sin fugas de material no deseadas, el estado del sistema "Parada de corta duración" cierra todas las válvulas (36 a 39, 10 y 13). Después de un breve tiempo de reposo, se debe continuar con el proceso de impresión o iniciar un proceso de enjuague de "inyectores" para evitar la obstrucción del sistema de impresión.

Antes de paradas prolongadas es necesario limpiar con ambos programas de enjuague ("enjuague de inyectores" y "enjuague de boquillas").

30 La figura 4 muestra una boquilla en funcionamiento, con un cordón o capa de hormigón/mortero 15 que se descarga continuamente desde la abertura de descarga 6. Si no es necesario darle una forma particularmente detallada, el material necesario se puede aplicar muy rápidamente y el objeto impreso en 3D se puede construir en capas. La siguiente tira de hormigón/mortero 15 que se aplica "fresco sobre fresco" forma una conexión íntima con el material subyacente porque este aún no ha fraguado completamente.

35 Finalmente, en la figura 5 se muestra que se utiliza una boquilla con suministro de aire comprimido. Hay una cámara de aire comprimido 17 a la que se puede alimentar aire comprimido a través de una entrada 16 para aire comprimido. El aire comprimido se utiliza para soplar el hormigón o mortero 14 suministrado de modo que el material golpee el sustrato en un chorro de pulverización 18 de energía relativamente alta. De esta manera también se puede aplicar un cordón 15. La ventaja de este proceso de aplicación es que se obtiene una muy alta homogeneidad del material debido a la alta energía cinética que recibe el hormigón o mortero durante el proceso de descarga. Una aplicación en capas ya no se nota visualmente en la pieza terminada.

45 La figura 6 muestra una sección transversal a través de una boquilla 21 con una herramienta de mezcla preferida. Éste presenta un árbol 4 en forma de cigüeñal. Este árbol 4, que está montado de forma giratoria a lo largo del eje del tubo mezclador 1, se desvía repetidamente de manera excéntrica respecto del eje central, como en el cigüeñal del elemento de máquina, como se puede ver en la figura 6. De esto se obtienen efectos de mezclado mecánicos y fluidicos efectivos, ya que el flujo de mortero que discurre en dirección al eje del tubo de mezclado y los aditivos dosificados a través de la abertura adicional 3 son "interrumpidos" repetidamente

por las barras transversales del eje 4 dispuestas perpendicularmente al flujo del mortero y así se mezcla intensamente. Además, en una serie de pruebas se ha demostrado que los elementos de varilla excéntrica, que actúan sobre el borde del tubo mezclador 1, tienen un efecto muy positivo en el resultado de la mezcla debido a su efecto de cizallamiento en la pared interior del tubo mezclador 1.

5 En otras series de pruebas se demostró que los travesaños 34 instalados adicionalmente, como se muestra en la figura 7, y los travesaños 34 con barras longitudinales 35 adicionales, como se muestra en la figura 8, aportan una mejora adicional en el resultado del mezclador y, por lo tanto, describen variantes de realización especialmente preferidas. según la invención.

10 En la figura 9 se muestra una vista despiezada de una boquilla 21 con dicho eje 4. Para facilitar el mantenimiento y la limpieza, la boquilla consta de dos medias carcasas 51, 52. Éstas se pueden retirar rápida y fácilmente de las partes superior e inferior de la boquilla 21 mediante dos acoplamientos de conexión 8, 8', preferentemente en forma de acoplamientos rápidos. - las abrazaderas de liberación (motor, no mostrado, y válvula 10 con abertura de descarga 6) se separan y luego se abren completamente. Esto significa que todas las zonas de la zona de mezcla, la abertura de entrada del mortero y la zona de acceso para aceleradores o aditivos son de libre acceso y pueden limpiarse o mantenerse.

15 Durante el uso prolongado, el proceso de mezclado y los componentes abrasivos del hormigón o mortero como áridos, arena, etc. en la zona de la pared interior en la zona de mezclado de la boquilla 21 provocan una eliminación de material y/o un desgaste severo. Esto acorta significativamente la vida útil de los componentes de la boquilla 21. Por lo tanto, se coloca un cartucho de desgaste 41 adyacente como tubo de mezcla dentro de las medias carcasas 51, 52 para evitar la abrasión y el desgaste en las paredes de las medias carcasas 51, 20 52 y prolongar así la vida útil de los componentes de la boquilla 21.

25 Como ya se mencionó en la introducción a la descripción, puede ser deseable por diversas razones evitar o al menos reducir las ranuras que normalmente surgen como resultado de la aplicación en capas. Una forma de hacerlo se muestra en las Figuras 10 a 13. Alrededor de la abertura de descarga 6 está dispuesto de forma giratoria un elemento alisador 47 o una espátula. Esto significa que la superficie del componente se puede alisar simultáneamente durante el proceso de impresión mediante un proceso mecánico específicamente controlado.

30 Dependiendo de si se debe alisar sólo una superficie o ambas superficies ("exterior" o "superficie interior") del componente o del objeto impreso a imprimir, sólo está presente el elemento alisador 47 (figuras 10 a 12) o un elemento de alisado adicional, está disponible el alisador 47' (figura 13).

35 Como se muestra en las figuras 10 y 11, el elemento alisador 47 puede realizar movimientos en dos direcciones. Una dirección de movimiento es la rotación del elemento alisador 47 a través de 360° alrededor de la abertura de descarga 6 (doble flecha 53). La segunda dirección de movimiento controla el ángulo de ataque del elemento alisador 47 con respecto al eje de la abertura de descarga 6 (doble flecha 54). Incluso en el caso de componentes complejos/objetos impresos como, por ejemplo, formas libres, esto permite posicionar el elemento de alisado en el plano tangencial con relación a cualquier punto espacial de la superficie del componente a alisar.

Esto se muestra para diferentes variantes de impresión en la figura 12 y la figura 13.

40 El posicionamiento del elemento alisador 47 o de los elementos alisadores 47, 47' se realiza mediante dos motores 42, 42' controlados electrónicamente de forma sincronizada con la guía de boquillas. Para garantizar una rotación ilimitada y sin fin alrededor del eje de la abertura de descarga 6, ambos motores 42, 42' están conectados mecánicamente de forma rígida con el cuerpo de boquilla.

La rotación alrededor del eje de la abertura de descarga 6 (doble flecha 53) se transmite a través de un piñón 55 y un engranaje 56 a un cuerpo giratorio 45 montado concéntricamente y de forma cilíndrica.

45 Para el movimiento basculante del elemento alisador 47 o de los elementos alisadores 47, 47' (doble flecha 54), se hace girar otro engranaje 56' mediante un piñón 55'. Este engranaje 56' presenta en su parte inferior un dentado cónico 46, en el que engrana un engranaje cónico 44. El movimiento giratorio del engranaje cónico 44 se transmite al elemento alisador 47 a través de una articulación 43. Si además hay otro elemento alisador 47' (ver figura 13), entonces en este engranaje cónico 44 está articulada otra articulación 43' que inclina el otro elemento alisador 47'.

50 La longitud L (véanse las figuras 12 y 13) del elemento alisador 47 o de los elementos alisadores 47, 47' corresponde al menos a la altura H de una banda (capa) de impresión, pero la dimensión longitudinal L también puede ir claramente más allá de esta y corresponden a la altura de varias bandas de impresión.

55 Esto creó una solución mecánica que permite la rotación ilimitada del elemento alisador 47 o los elementos alisadores 47, 47' alrededor del eje de la abertura de descarga 6 y el ajuste de cualquier ángulo de ataque en

relación con cualquier punto espacial del componente/objeto a imprimirse y, al mismo tiempo, un diseño pequeño y compacto permite su fijación a la abertura de descarga 6 de la boquilla.

5 Si para el proceso de impresión 3D se utilizan boquillas según la figura 4 (boquilla accionada sin aire comprimido) o la figura 5 (boquilla accionada con aire comprimido), también se pueden contrarrestar estructuras de ranuras no deseadas utilizando estas ranuras 58 con la boquilla según la figura 5 rociada posteriormente con material de impresión. Esto se muestra en la figura 14, se aplica hormigón comprimido o mortero a la superficie de un componente u objeto 57 3D ya impreso usando el rociador o cabezal rociador ya descrito en detalle en la figura 5, y la superficie se recubre así de manera homogénea. Esto le da al componente 57 una impresión visual completamente nueva, ya que la ranura o estructura de ranura típica del proceso de filamento de impresión 3D ya no es visible debido al recubrimiento uniforme con el revestimiento de hormigón o mortero y la superficie tiene una estructura uniforme y rugosa, que (variando el componente del acelerador) se puede alisar posteriormente a mano o a máquina o puede ser estructurada de otra manera (estructura de fricción etc.).

10 En particular, con este método también es posible (ver figura 15) unir un elemento de refuerzo 30 espacial o plano, bidimensional o tridimensional hecho de refuerzo o materiales de refuerzo adaptados a un componente 3D u objeto impreso 57 al componente 3D ya impreso o se coloca o fija el objeto en la superficie y luego se inyecta nuevamente como ya se describe en la figura 14 y así el componente u objeto impresos. Posteriormente fortalecido y reforzado. Por elemento de refuerzo se entiende tiras, rejillas, cintas, trenzas, mallas, varillas o hilos de refuerzo hechos de diversos materiales tales como materiales metálicos, poliméricos o no metálicos (por ejemplo, fibrosos).

15 Para estos dos procesos de pulverización descritos puede resultar ventajoso reducir o prescindir por completo del componente acelerador. Esto da como resultado tiempos de procesamiento y apertura más prolongados para el hormigón o mortero impreso en 3D aplicado para el acabado superficial del hormigón/mortero proyectado.

20 Según otra realización, que se muestra en las figuras 16 a 20, también es posible integrar elementos de refuerzo durante la impresión 3D original. El elemento de descarga en la punta de la boquilla del proceso de impresión está diseñado de la siguiente manera:

25 El hormigón/mortero 14 completamente mezclado se divide en dos cordones 14a, 14b o cámaras mediante la geometría especial del elemento de descarga (este tiene forma de "pantalón" 29), estando prevista una abertura de descarga 6, 6' para cada cordón 14a, 14b. A través de estas dos aberturas de salida 6, 6' se transporta el hormigón/mortero de forma continua mediante el procedimiento de flujo grueso (figuras 16, 17) o en el caso del procedimiento de pulverización (figuras 18, 19) de forma neumática. En este caso se utilizan boquillas según la figura 5, a las que se suministra aire comprimido a través de conductos de aire comprimido 31, de modo que el hormigón/mortero se "rompe" en partes individuales mediante aire comprimido.

30 El elemento de descarga está construido de tal manera que las dos aberturas de descarga 6, 6' están orientadas entre sí, de modo que las piezas de mortero que emergen se desvían poco antes de salir de las aberturas de descarga (ángulo de salida  $\alpha$ ) de tal manera que los dos cordones de hormigón/mortero salen inmediatamente después de salir por las aberturas de descarga y se pueden combinar nuevamente para formar un cordón total 15.

35 Mediante este método, un elemento de refuerzo 30 previamente definido puede ser recubierto de forma precisa por ambos lados por el mortero/hormigón y de este modo asume la función de un refuerzo de refuerzo en el componente.

El ángulo de salida  $\alpha$  mostrado en las figuras 16 y 18 puede variar entre 0 y 90°.

40 El elemento de refuerzo puede ser flexible, deformable y desviable, pero también rígido. Estos pueden ser elementos de refuerzo textiles o fibrosos, pero también refuerzos de materiales metálicos, poliméricos u otros materiales no metálicos. La deformación flexible del elemento de refuerzo también puede ser posible, por ejemplo, mediante un tratamiento térmico de corta duración del elemento de refuerzo.

45 El elemento de refuerzo 30 se puede introducir durante el proceso de aplicación de forma automática o manual a través de un mecanismo de la boquilla en el cordón sin fin o en forma de tiras/rejillas/cintas/trenzas/capas/esteras/varillas/hilos individuales, de modo que sea exactamente en el centro está alineado y está incrustado en ambos lados por el hormigón/mortero, que sale uniformemente por ambas aberturas de descarga 6.

Alternativamente, el elemento de refuerzo 30 también se puede insertar manual o automáticamente mediante, por ejemplo, con un robot y posicionarse correspondientemente.

50 Al aplicar el mortero capa por capa durante el proceso de aplicación, los elementos de refuerzo individuales se incrustan o inyectan capa por capa, creando un componente bidimensional o tridimensional que queda completamente reforzado en el área o en el espacio.

La colocación del elemento de refuerzo también puede variar en relación a la tira de mortero: este puede colocarse mediano/central, descentralizado, diagonal, vertical, horizontal, etc. También se puede dimensionar de manera que su ancho exceda el ancho o alto de la tira/capa de mortero. El objetivo de esto es que parte de la tira de refuerzo siempre sobresalga de la capa de mortero recién aplicada, como se muestra en las figuras 16 a 19.

Después de introducir la siguiente capa de tira de refuerzo, se superponen las siguientes tiras de refuerzo, que a su vez se embeben o inyectan con la siguiente capa de mortero para formar un componente homogéneo. La superposición de las tiras de refuerzo individuales y su posterior fijación mecánica mediante hormigón/mortero embebido o proyectado/inyectado y endurecido da como resultado la creación de una red de refuerzo homogénea dentro del componente, lo que resulta en que el componente se refuerza y se aumentan uniformemente en todo el componente la absorción de las fuerzas de tracción.

Alternativamente, también se pueden usar dos boquillas guiadas sincrónicamente, como se muestra en la figura 20. En lugar de un único cabezal pulverizador de 2 cámaras según la figura 18 y la figura 19, se utilizan dos boquillas individuales 21, 21' que son guiadas espacialmente automáticamente de tal manera que a su vez incorporan una superficie flexible, deformable y desviable o incluso rígida. elemento de refuerzo 30 guiando espacialmente por separado ambos cabezales de boquilla 21, 21' con una estructura idéntica a la descrita en la figura 5, el elemento de refuerzo 30 de forma sincrónica desde dos lados incrustar o rociar/inyectar. Esto significa que se pueden realizar componentes que pueden equipararse con objetos impresos que se produjeron utilizando el método producido en las figuras 18 y 19, respectivamente. Las dos boquillas pueden ser guiadas de forma espacialmente automatizada, por ejemplo, mediante dos robots 32, 32' guiados sincrónicamente.

Este proceso también se puede utilizar para pulverizar o inyectar elementos de refuerzo rígidos prefabricados, planos, de curva simple o doble (por ejemplo, jaulas o rejillas de refuerzo metálico prefabricadas).

A continuación, analizaremos los componentes de las recetas de morteros/hormigones adecuados para la impresión 3D, que permiten la producción de recetas optimizadas adecuadas para la impresión 3D.

El material de partida para la impresión 3D según esta invención puede ser tanto un mortero seco como un hormigón seco, así como un hormigón producido de forma convencional (hormigón premezclado de una planta de hormigón premezclado o mezclado in situ) o un mortero premezclado y preparado (mortero fabricado en planta), por ejemplo, en un hormigón premezclado o fabricado en un mezclador similar.

Sin embargo, se utiliza preferentemente mortero seco u hormigón seco.

A.) Receta de mortero seco/hormigón seco

Arenas/áridos/lleantes:

a base de piedra caliza, dolomita o arena de cuarzo o mezclas de las mismas en el rango de tamaño de grano de 0 a X mm (X = tamaño máximo de grano variable en el rango de 1 mm hasta 16 mm (preferible 0,1 – 4 mm, especialmente preferido 0,1 mm a 2 mm)). Además, son adecuadas todas las arenas/áridos/lleantes que también sean adecuadas para aplicaciones en hormigón o mortero.

Rango de aplicación de - a: 20 - 80%

Preferido: 50 - 70%

Aglutinante:

a base de cemento Portland (CEM I o CEM II o CEM III), escorias molidas (escorias de alto horno), cenizas volantes, cementos aluminosos, cementos de sulfoaluminato, cementos de escorias de sulfato, yeso y cal hidratada o mezclas de los mismos.

Rango de aplicación de - a: 10 - 80%

Preferido: 30 - 60%

Adiciones:

Adiciones puzolánicas finas en polvo hidráulico latentes como microsílíce, ácido silícico, metacaolín, zeolitas, ceniza volante, harina fina a base de cuarzo, piedra caliza, etc.

Rango de aplicación de - a: 0,5 - 15%

Preferido: 1,5 - 10%

Fluidificante:

## ES 3 009 746 T3

- a base de éter de policarboxilato (PCE), sulfonato de naftaleno, sulfonato de melamina, sulfonato de lignina  
Rango de aplicación de - a: 0,05 - 2%  
Preferido: 0,1 - 0,8%  
Extendedores de tiempo abierto
- 5 a base de metilcelulosa (MC)  
Rango de aplicación de - a: 0,01 - 0,5%  
Preferido: 0,01 - 0,1%  
Estabilizadores/espesantes/agentes de ajuste
- 10 a base de metilcelulosa de baja viscosidad, goma welan, goma diutan, goma xantana, éter de almidón, pectinas, éter guar, alcohol polivinílico, silicatos.  
Rango de aplicación de - a: 0,01 - 0,5%  
Preferido: 0,01 - 0,1%  
Polvo de redispersión:
- 15 a base de acetato de vinilo - etileno, acrilato de estireno, estireno butadieno, acrilato puro, así como copolímeros de VeoVA, VAC/ - VeoVa, VAC/VeoVA/E, terpolímeros vinílicos, acetato de vinilo - versatato de vinilo, acetato de vinilo - cloruro de vinilo, vinilo acetato - acrílico, VAC/ - VeoVA/Acryl, VAM/Acrílico.  
Los polvos de redispersión en morteros y hormigón para impresión 3D actúan, por un lado, como adhesivo y mejoran la unión y adherencia de las distintas capas de impresión, y por otro lado, tienen un efecto elastificante y mejoran la resistencia a la tracción y al impacto del material.
- 20 Rango de aplicación de - a: 0,1-10 %  
Preferido: 0,5 - 2,5%  
Antiespumantes:  
a base de aceite mineral, tensioactivos no iónicos, aceite de silicona, polisiloxano, alcoxilato de alcohol graso, poliglicol, base de aceite vegetal, ésteres hidrofóbicos, alcoholes etoxilados
- 25 Rango de aplicación de - a: 0,02 - 0,5%  
Preferido: 0,05 - 0,2%  
Surfactantes y dispersantes:  
a base de copolímeros de óxido de etileno/óxido de propileno, ésteres de poliglicol, derivados de glicol, polisiloxanos modificados, mezclas de tensioactivos a base de alcoholes grasos (por ejemplo, éteres de polietilenglicol de alcoholes grasos, sulfonatos de éster metílico, sulfatos de alcoholes grasos, etc.), amidoalquilbetaína de ácidos grasos y metanosulfonato de polinaftilo de sodio.
- 30 Rango de aplicación de - a: 0,005 - 0,2%  
Preferido: 0,01 - 0,1%  
Reductores de retracción:
- 35 a base de compuestos orgánicos glicólicos (glicoles, éteres glicólicos, neopentilglicol, dipropilenglicol), polioxialquilenos, éteres alquílicos, éteres monobutílicos, butoxietoxietanol o a base de minerales inorgánicos como MgO, CaO, cementos de sulfoaluminato.  
Rango de aplicación de - a: 0,1 - 7 %  
Preferido: 0,3 - 5%
- 40 Acelerantes:  
a base de hidróxidos alcalinos, carbonatos alcalinos, aluminatos alcalinos, silicatos alcalinos (por ejemplo, vidrio soluble), sales de metales alcalinos o alcalinotérreos, en particular cloruros de metales alcalinos y

- alcalinotérreos, formiatos de metales alcalinos y alcalinotérreos, fluoruros de metales alcalinos y alcalinotérreos y nitruros de metales alcalinos y alcalinotérreos, por ejemplo, formiato de calcio, acetato de calcio, carbonato de litio, carbonato de sodio, carbonato de potasio. Además, se pueden utilizar compuestos de aluminato como cemento aluminoso (cristalino o amorfo), hidróxido de Al amorfo, sulfato de Al, etc., así como semillas de hidrato de silicato de calcio modificado, etc.
- 5 Rango de aplicación de - a: 0,05 - 2%  
Preferido: 0,1 - 1%  
Retardantes:
- 10 a base de ácidos hidroxicarboxílicos tales como ácido tartárico, ácido cítrico, ácido málico o principios activos a base de fosfatos, ácidos fosfónicos, gluconatos, ácido glucónico, sulfonatos, azúcares, proteínas, aminoácidos y sales de estos compuestos.  
Rango de aplicación de - a: 0,01 - 0,5%  
Preferido: 0,02 - 0,3%  
Fibras:
- 15 a base de polipropileno, polietileno, poliacrílico, poliacrilonitrilo, poliamida, aramida, poliéster, acero, vidrio resistente a los álcalis, cuarzo, sílice, cerámica, carburo de silicio, basalto, lana mineral, wollastonita, carbón, celulosa, algodón, lino, cáñamo, yute, bambú.  
Rango de aplicación de - a: 0,05 - 5%  
Preferido: 0,1 - 3%
- 20 Pigmentos  
a base de  $TiO_2$ ,  $CaCO_3$ , dolomita, caolín, óxidos e hidróxidos de Fe, ZnO, ZnS,  $CoAl_2O_4$ , óxidos de Cr, (Ti, Ni, Sb) $O_2$ , (Co, Ni, Zn) $_2$ (Ti, Al) $O_4$ , Co (Cr, Al) $_2O_4$ , negro de humo, harina de arcilla cocida o de ladrillos, pigmentos orgánicos de diversos tipos.  
Rango de aplicación de - a: 0,05 - 20%  
Preferido: 0,1 - 5%
- 25 B.) Fórmula del acelerador líquido  
El acelerador líquido o pastoso suministrado a la boquilla tiene como base de ingrediente activo sulfato de aluminio, aluminatos alcalinos, sulfatos alcalinos de aluminio, formiato de aluminio, cemento aluminoso (fases de cemento de alúmina amorfa o cristalina), cemento de sulfoaluminato, hidróxido de aluminio amorfo, hidroxisulfato de aluminio, alcanolaminas, ácido fluorhídrico, ácidos carboxílicos, ácidos fosfóricos, vidrio soluble, etanolaminas como dietanolamina (DEA) y trietanolamina (TEA) o mezclas de los mismos.  
Dosificación (con base en el mortero seco) desde - hasta: 0,5 - 10%  
Preferido: 1,0 - 7,0%
- C.) Adiciones o aditivos pastosos
- 35 Los aditivos adicionales o los aditivos suministrados a la boquilla se basan en el mismo ingrediente activo descrito en A.), pero el requisito previo es que sean líquidos o en forma de pasta o suspensión. Se prefieren agua, disolventes, pastas colorantes o pigmentarias, agentes inclusores de aire, fluidificantes, retardantes, espesantes, aglutinantes, llenantes, áridos y fibras.
- D.) Mortero/hormigón acelerado
- 40 La mezcla intensiva del mortero seco con el componente acelerador en el mezclador activo de la boquilla de la impresora da como resultado una reacción inmediata del acelerador con los componentes aglutinantes, lo que conduce a una primera reacción inmediata de endurecimiento en la zona del tubo mezclador (1) de la boquilla e inmediatamente después de salir por la abertura de descarga (6) se produce una posterior reacción inicial de endurecimiento del hormigón/mortero.
- 45 **Ejemplo:**  
Mortero:

## ES 3 009 746 T3

- 34 % Cemento Portland CEM II A - S 42,5 R (aglomerante)
- 2 % metacaolín (adición)
- 0,2 % PCE (fluidificante)
- 0,04 % MC de baja viscosidad (extensor de tiempo abierto)
- 5 0,02 % éter de almidón (espesante)
- 2,0 % acetato de vinilo - etileno (polvo de redispersión)
- 0,15 % mezcla de alcoxilato de alcohol graso y polisiloxano (antiespumante)
- 0,03 % de éter de polietilenglicol de alcohol graso (agente humectante y dispersante)
- 3 % Cemento expansor de sulfoaluminato (reductor de contracción)
- 10 0,5 % formiato de calcio (acelerador)
- 0,03 % de ácido cítrico (retardante)
- Balance al 100 % con grano de piedra caliza y polvo de piedra caliza 0 - 2 mm (aprox. 58 %)
- Acelerante líquido
- 5 % (basado en el peso del mortero seco) solución de sulfato de aluminio (40 %)
- 15 El ejemplo de receta dado conduce a las siguientes propiedades de mortero fresco con un valor de mortero seco en agua de 16 %  $\pm$  1 % puntos cuando se mezcla (sin el componente acelerador líquido) con una mezcladora de mortero estándar:
  - Mortero fresco: flujo con molde cilíndrico
  - (Geometría: h = 5 cm, diámetro = 3 cm): 9 - 10 cm
- 20 - Tiempos de fraguado según Vicat (aguja cónica):
  - Inicio del fraguado: 100 - 300 min
  - Fin del fraguado: 110 - 400 min
  - Curva de resistencia (prisma de 40 x 40 x 160 mm):
  - Resistencia a la compresión 1 día: 5 - 10 MPa
- 25 - Resistencia a la flexión 1 día: 1,5 - 3,5 MPa
  - Resistencia a la compresión 28 días 25 - 35MPa
  - Resistencia a la flexión 28 días: 5 - 7 MPa
- El mortero/hormigón acelerado que sale de la punta de la boquilla tiene el siguiente perfil de propiedades para el ejemplo dado:
- 30 - Mortero fresco: flujo con molde cilíndrico
  - (Geometría: h = 5 cm, diámetro = 3 cm): no medible (el mortero "se queda" en la boquilla, es decir, tiene una consistencia rígida)
  - Tiempos de fraguado:
    - Inicio del fraguado: < 2 min
- 35 - Fin del fraguado: < 10 min
  - Curva de resistencia:
    - Resistencia a la compresión 1 día: 6 - 11 MPa
    - Resistencia a la flexión 1 día: 2 - 4 MPa

- Resistencia a la compresión 28 días: 25 - 35 MPa

- Resistencia a la flexión 28 días: 6 - 8 MPa

5 Con la boquilla y la receta mencionadas anteriormente, se pueden lograr resultados extremadamente precisos. La precisión dimensional, la resolución y la tolerancia de la impresora 3D se pueden utilizar como parámetros de calidad para evaluar la precisión de los resultados de impresión (componentes, objetos impresos).

La precisión dimensional del componente/objeto impreso depende de

- la resolución del sistema de impresora 3D:

10 • Esta es la capacidad de una impresora 3D de moverse con precisión de un punto espacial a otro durante la construcción aditiva del componente/objeto impreso. La resolución se define como el desplazamiento espacial más pequeño posible de la boquilla, que a su vez depende del software de control, del ángulo mínimo de desplazamiento de los motores de accionamiento y de la traslación a los elementos móviles. Se hace una distinción básica entre resolución Z (resolución en la dirección del eje vertical) y resolución XY (este es el movimiento más pequeño que la boquilla es capaz de realizar dentro de una sola capa). La resolución Z es simplemente otro nombre para el espesor de capa de filamento de hormigón o mortero (el espesor de capa es la medida de la altura de capas individuales de material o filamentos colocadas horizontalmente una detrás de otra). La resolución Z o espesor de capa es una de las características técnicas imprescindibles de las impresoras 3D. El número de capas necesarias para producir un componente/objeto impreso también determina el tiempo de producción del objeto.

20 • el diámetro de salida de la abertura de descarga por la que sale el material de impresión 3D (hormigón o mortero) de la boquilla

- la precisión de dosificación del material de impresión 3D

- la repetibilidad de la colocación/aplicación del material

- el comportamiento de flujo o pulverización del material de impresión 3D después de que emerge de la boquilla

- el comportamiento de fraguado y endurecimiento del material de impresión 3D impreso

25 • la contracción, la fluencia y el comportamiento térmico del material de impresión 3D fraguado o endurecido

La tolerancia del sistema de impresora 3D es la desviación máxima de las dimensiones del componente/objeto impreso definido en el dibujo digital de las dimensiones del componente/objeto impreso terminado.

Con la presente invención se pueden conseguir los siguientes valores:

1.) Resolución Z:

30 • para procesos de corriente espesa, proceso de aplicación según la figura 4:

grosor de capa mínima 1 mm

espesor de capa máxima 50 mm

- para procesos de pulverización, procesos de aplicación según la figura 5:

espesor de capa mínimo 2 mm

35 espesor de capa máximo 50 mm

2.) Tolerancia

- para procesos de corriente intensa, procesos de aplicación según la figura 4:

0,5 % (equivalente a 5 mm/1000 mm)

- para procesos de pulverización, procesos de aplicación según la figura 5:

40 1,0 % (equivalente a 10 mm/1000 mm)

Para las boquillas de hormigón proyectado convencionales, por ejemplo con boquillas para el proceso de pulverización en seco, la experiencia demuestra que se pueden asumir los siguientes valores:

1.) Resolución Z

Grosor mínimo de capa > 50 mm

2.) Tolerancia

> 5,0 % (corresponde a 50 mm/1000mm)

- 5 En particular, la limitación lateral de las "pistas" pulverizadas o impresas es extremadamente problemática con una boquilla de hormigón proyectado convencional, lo que hace que la boquilla no sea adecuada para la impresión 3D precisa con hormigón/mortero. Básicamente, el responsable de esto es el chorro de pulverización indefinido que resulta del diseño de la boquilla (los bordes laterales del chorro de pulverización no están definidos, no es posible una limitación exacta).

Lista de símbolos de referencia

- 10 1 tubo de mezcla  
2 apertura principal  
3 apertura adicional  
4 eje  
5 elementos de mezcla
- 15 6, 6' abertura de descarga  
7 cojinetes de eje  
8, 8' acoplamiento de conexión  
9 motor  
10 válvula de compresión
- 20 13 válvula de 3 vías  
14 hormigón/mortero suministrado  
14a, 14b cordones  
15 cordones de hormigón/mortero  
16 entrada para aire comprimido
- 25 17 cámara de aire comprimido  
18 chorro de lanzado  
21 boquilla  
22 primera sección  
23 segunda sección
- 30 24 plantas mezcladora  
25 abertura de entrada  
26 manguera  
29 pantalón  
30 elemento de refuerzo
- 35 31 línea de aire comprimido  
32, 32' robot  
34 barras travesaño  
35 barras longitudinales

- 36 válvula interruptora
- 37 válvula solenoide
- 38 válvula solenoide
- 39 válvula solenoide
- 5 40 agua de enjuague
- 41 cartucho de desgaste
- 42, 42' motor
- 43, 43' postes GESTAENGE
- 44 engranajes cónicos
- 10 45 cuerpos de rotación
- 46 engranajes cónicos
- 47, 47' elemento alisador
- 51, 52 medias carcasas
- 53 flecha doble
- 15 54 flecha doble
- 55, 55' piñón
- 56, 56' engranaje
- 57 componente
- 58 ranuras

REIVINDICACIONES

1. Sistema de impresión 3D para dispensar hormigón, mortero o similar con una boquilla (21) con una abertura principal (2) para dispensar el hormigón, mortero o similar, con al menos una abertura adicional (3) para suministrar al menos un aditivo y con una abertura de descarga (6) para dispensar el hormigón, mortero o similar mezclado con el aditivo, caracterizado porque entre la abertura adicional (3) y la abertura de salida (6) está previsto un mezclador (24) accionado activamente con un tubo mezclador (1) y el diámetro interior del tubo mezclador (1) es de 2 a 8 cm, preferentemente de 2 a 6 cm, de forma especialmente preferente de 2 a 4 cm.
2. Sistema de impresión 3D según la reivindicación 1, caracterizado porque en el tubo mezclador (1) está prevista una herramienta mezcladora con elementos mezcladores (5), que están configurados como cuchillas, paletas, varillas o como uno o varios conductos helicoidales.
3. Sistema de impresora 3D según la reivindicación 2, caracterizado porque la boquilla tiene un primer tramo (22) y un segundo tramo recto (23), estando dispuesta la abertura principal (2) al inicio de la primera sección (22) y la descarga en la abertura (6) en el extremo final de la segunda sección (23), que está previsto que el mecanismo mezclador (24) tenga un eje (4) que está dispuesto coaxialmente en la segunda sección (23) y lleva los elementos mezcladores (5), que el eje (4) penetra en la segunda sección (23) opuesta a la abertura de descarga (6) y se proporciona un motor (9) fuera de la boquilla (21) para impulsar el eje (4).
4. Sistema de impresora 3D según la reivindicación 3, caracterizado porque el eje (4) está diseñado como un cigüeñal y está provisto preferentemente de elementos mezcladores en forma de barras transversales (34) y/o barras longitudinales (35).
5. Sistema de impresora 3D según la reivindicación 3 o 4, caracterizado porque el ángulo interno ( $\beta$ ) entre la primera sección (22) y la segunda sección (23) es obtuso, preferentemente de al menos 120°.
6. Sistema de impresora 3D según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el ángulo entre el eje longitudinal del tubo mezclador (1) y la dirección de descarga de la boquilla es como máximo de 75°, preferentemente como máximo de 30°, más preferentemente como máximo 10°, en particular aproximadamente 0°.
7. Sistema de impresión 3D según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque entre el mezclador (24) y la abertura de descarga (6) está prevista una válvula (10), preferiblemente una válvula de compresión accionada neumáticamente, para detener brevemente el flujo de materia.
8. Sistema de impresora 3D según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque la boquilla (21) presenta una entrada (16) para aire comprimido para soplar hormigón, mortero o similar.
9. Sistema de impresora 3D según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque en la zona de la abertura adicional (3) está prevista una válvula de 3 vías (13), preferiblemente una válvula de aguja, que puede interrumpir la zona de contacto del aditivo con el hormigón, mortero o similar, y que a través de la válvula de 3 vías (13) también puede suministrar un enjuagador.
10. Sistema de impresora 3D según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la boquilla para los trabajos de limpieza y mantenimiento consta de dos medias carcasas (51, 52), preferentemente ubicándose en el interior de las dos medias carcasas (51, 52) un cartucho de desgaste (41) adyacente a la pared del tubo de mezcla.
11. Sistema de impresora 3D según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque la boquilla tiene un elemento alisador (47) que puede girar indefinidamente alrededor de la abertura de descarga (6) y cuyo ángulo de inclinación con respecto al eje de la abertura de descarga (6) es ajustable.
12. Sistema de impresora 3D según la reivindicación 11, caracterizado porque frente a la abertura de descarga (6) frente al elemento alisador (47) está previsto otro elemento alisador (47').
13. Sistema de impresora 3D según la reivindicación 11 o 12, caracterizado porque el elemento alisador (47) y opcionalmente también el elemento alisador adicional (47') es esencialmente plano y una normal a este plano corta el eje de la abertura de descarga (6).
14. Sistema de impresora 3D según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque la boquilla presenta dos aberturas de descarga (6, 6') que están distanciadas entre sí, de modo que entre las salidas de descarga (6, 6') se encuentra un elemento de refuerzo (30) en forma de tiras, rejillas, cintas, trenzas, telas, estereras, varillas o hilos y que puede ser envuelto en hormigón/mortero.
15. Sistema de impresora 3D según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque están previstas una segunda boquilla idéntica y un control que guía las dos boquillas (21, 21') de forma sincronizada hacia ambos lados de un elemento de refuerzo.

16. Uso de un sistema de impresora 3D según una de las reivindicaciones 1 a 15 para la producción de objetos y componentes impresos en 3D a base de hormigón, mortero o similares, caracterizado porque el aditivo es un acelerador de fraguado, preferentemente una solución a base de sulfato de aluminio, introducido a través de la abertura adicional (3).
- 5 17. Uso según la reivindicación 16, caracterizado porque además del acelerador de fraguado se suministra al menos otro aditivo, en particular agua, pasta colorante, inclusores de aire, fluidificante, retardantes, espesantes, aglutinantes, cargas, áridos y/o fibras.
18. Uso según la reivindicación 16 o 17, caracterizado porque se utiliza un hormigón seco o un mortero seco, al que se le añade agua y se mezcla en la proximidad espacial de la boquilla y se alimenta a la boquilla a través  
10 de una manguera.
19. Uso según una de las reivindicaciones 16 a 18, caracterizado porque después de la aplicación capa por capa de hormigón, mortero o similar, las ranuras resultantes se rellenan mediante pulverización con una boquilla de un sistema de impresora 3D según la reivindicación 8. En su caso, sobre la superficie ranurada, para reforzar el componente se colocan previamente elementos de refuerzo, en particular rejillas de refuerzo.
- 15 20. Uso según una de las reivindicaciones 16 a 19, caracterizado porque un elemento de refuerzo (30) se embebe, se rocía o se inyecta coaxialmente desde dos lados mediante dos boquillas guiadas espacialmente independientemente (21, 21') aplicando hormigón/mortero desde dos lados.
21. Uso según una de las reivindicaciones 16 a 20 de un sistema de impresora 3D según la reivindicación 14, caracterizado porque mediante la superposición de elementos de refuerzo individuales (30) se construye una  
20 red de refuerzo homogénea en el interior del componente.

DIBUJOS

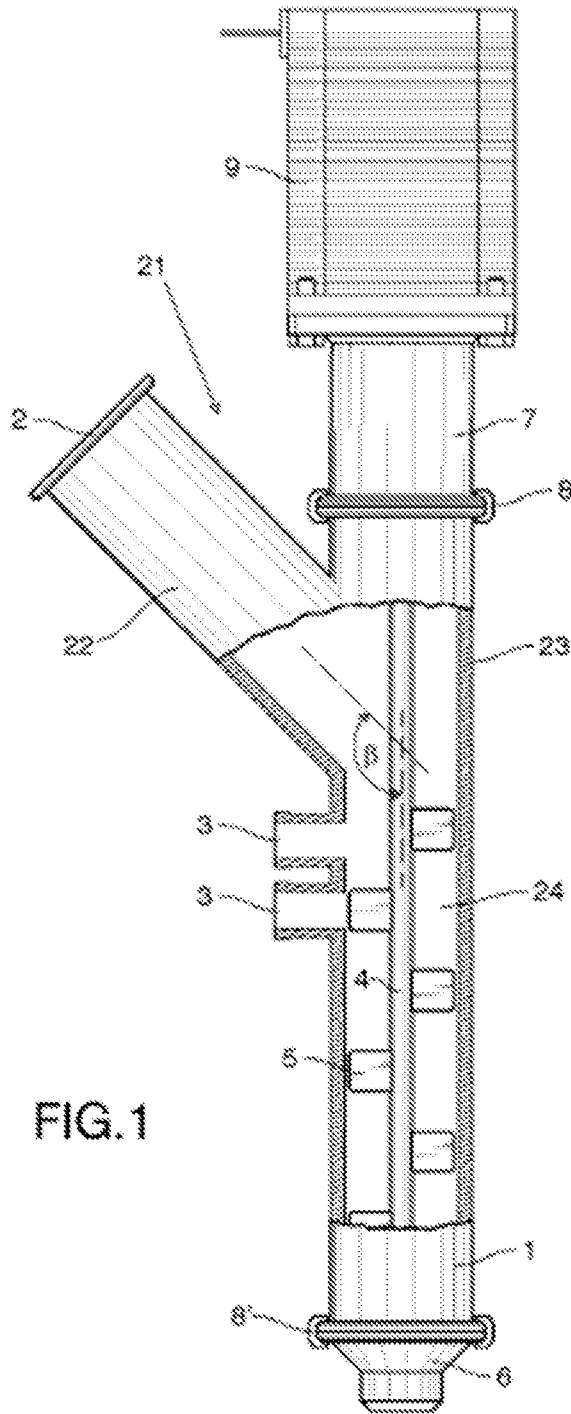


FIG. 1

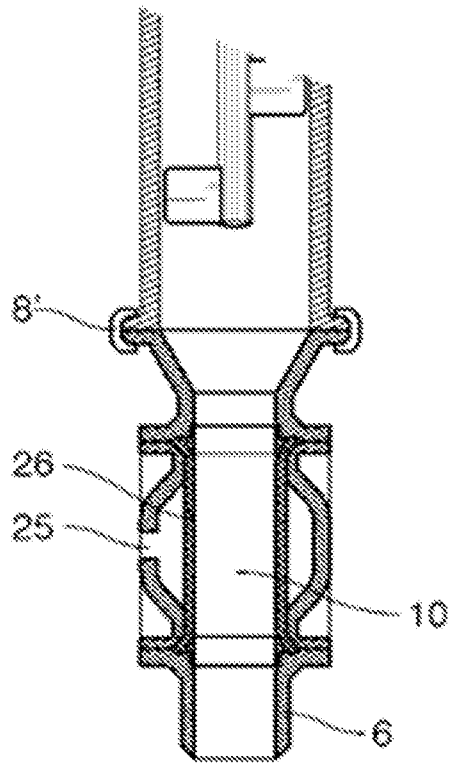


FIG. 2

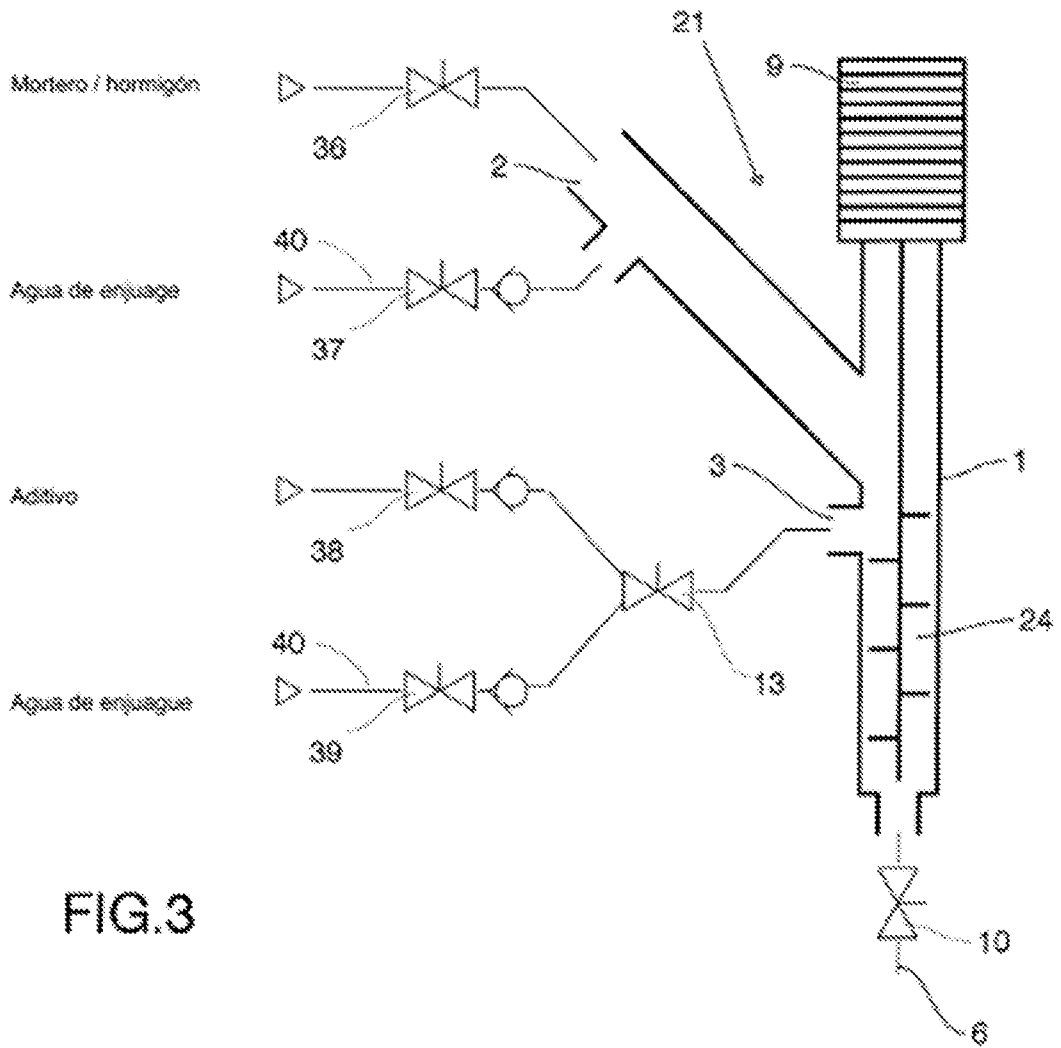


FIG.3

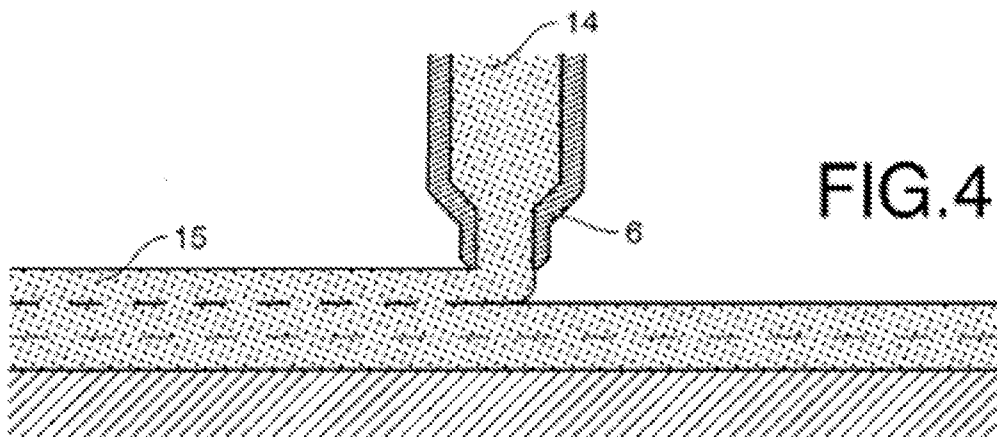


FIG.4

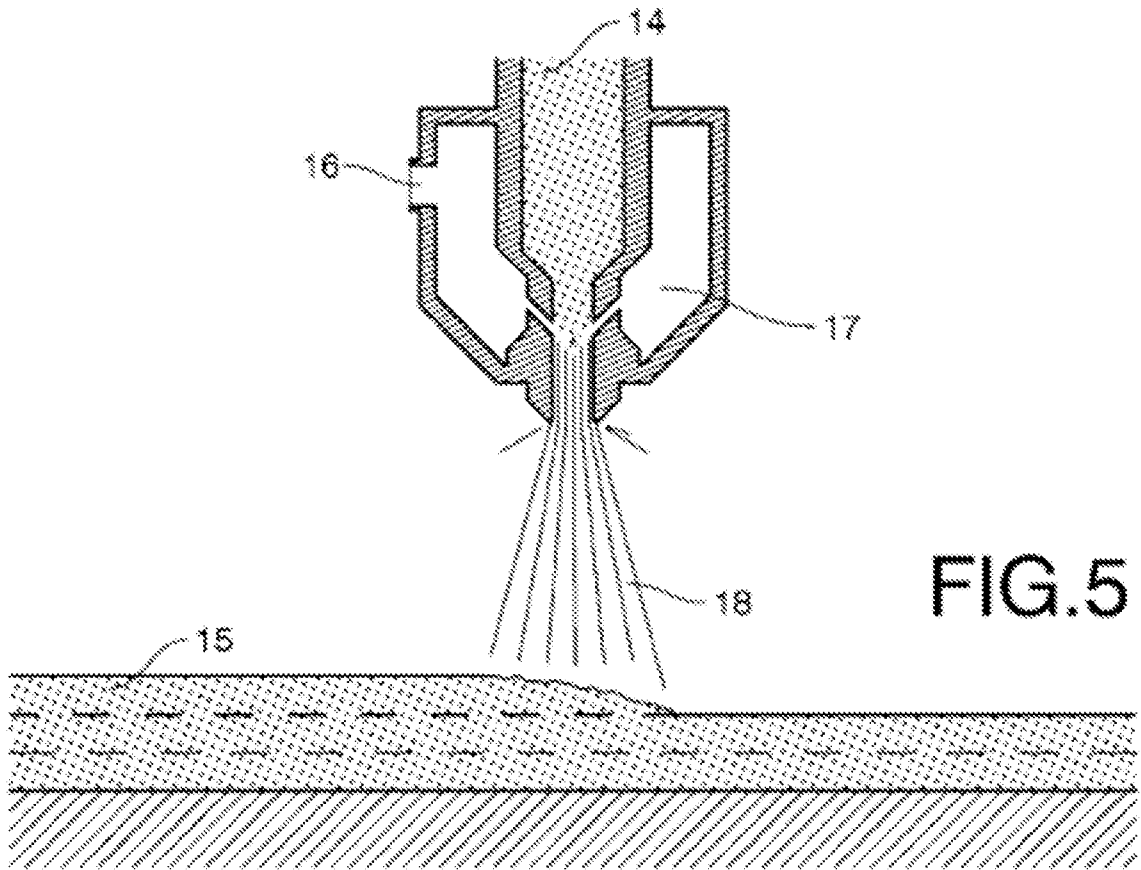


FIG.5

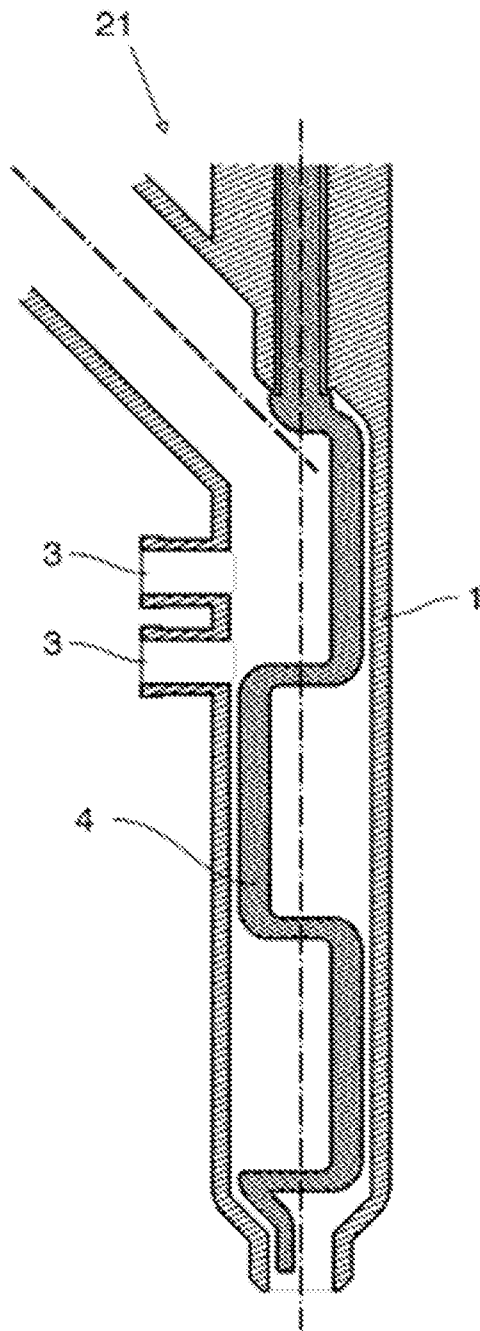


FIG.6

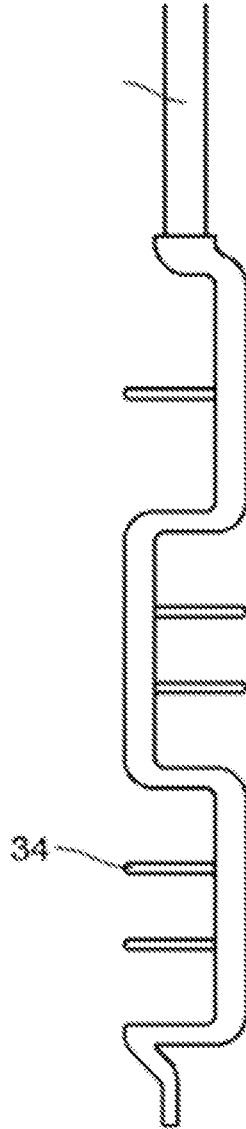


FIG.7

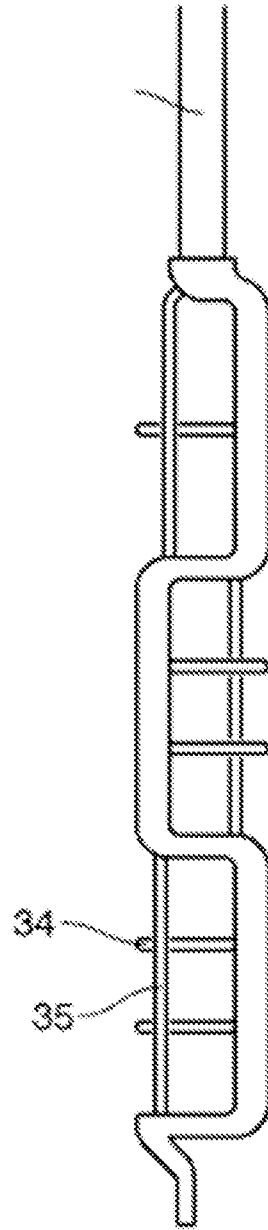


FIG.8

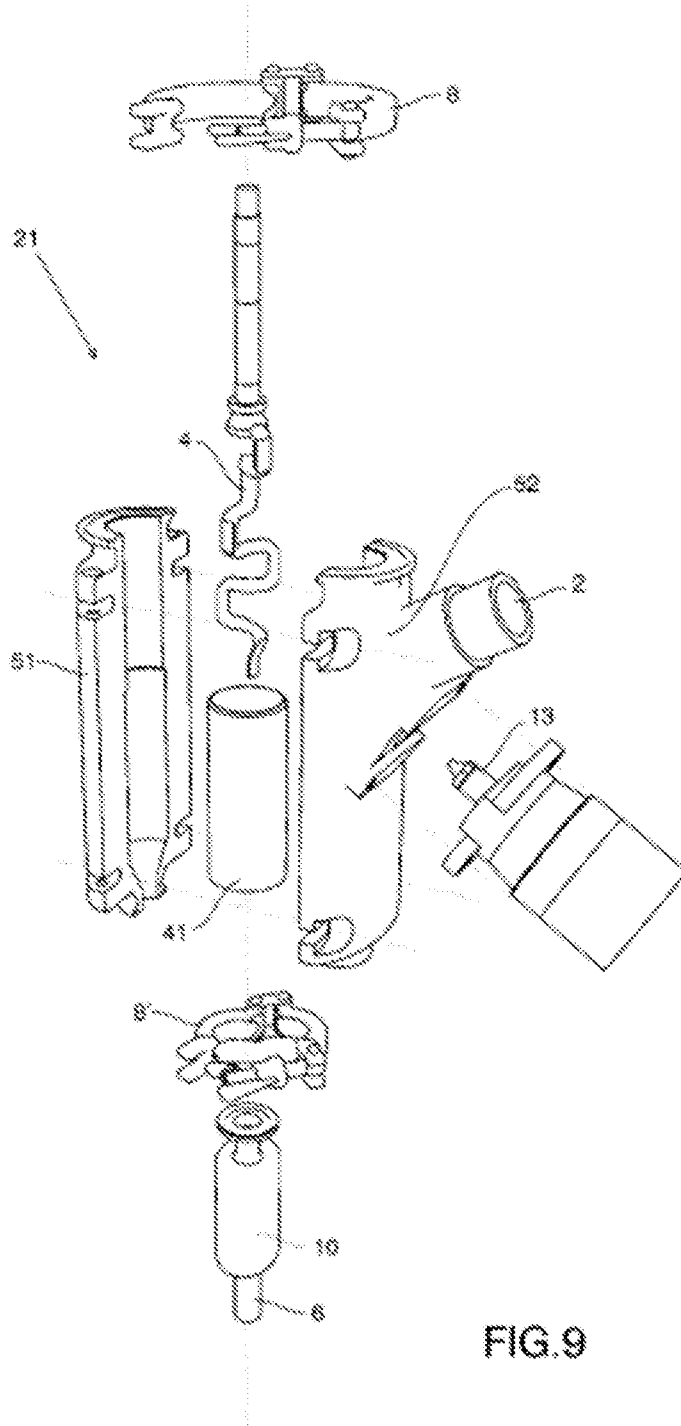


FIG. 9

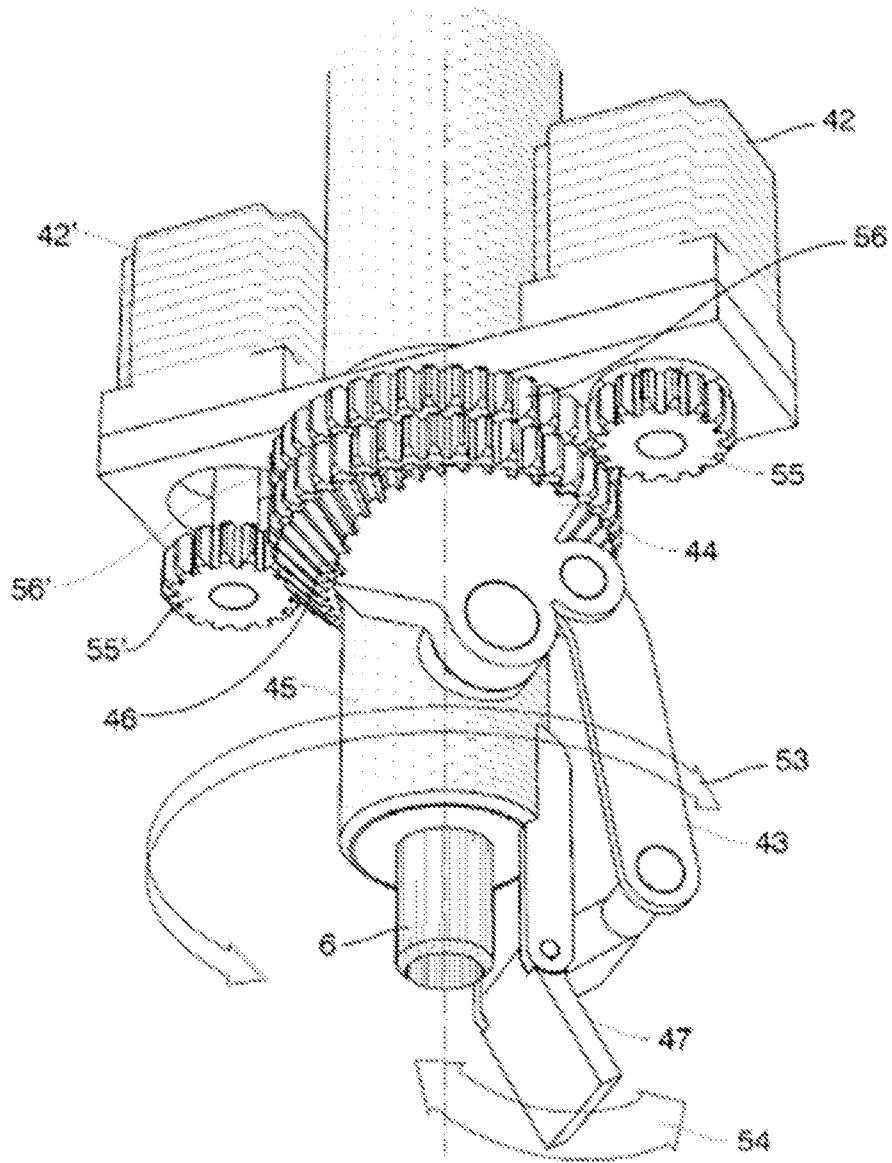


FIG.10

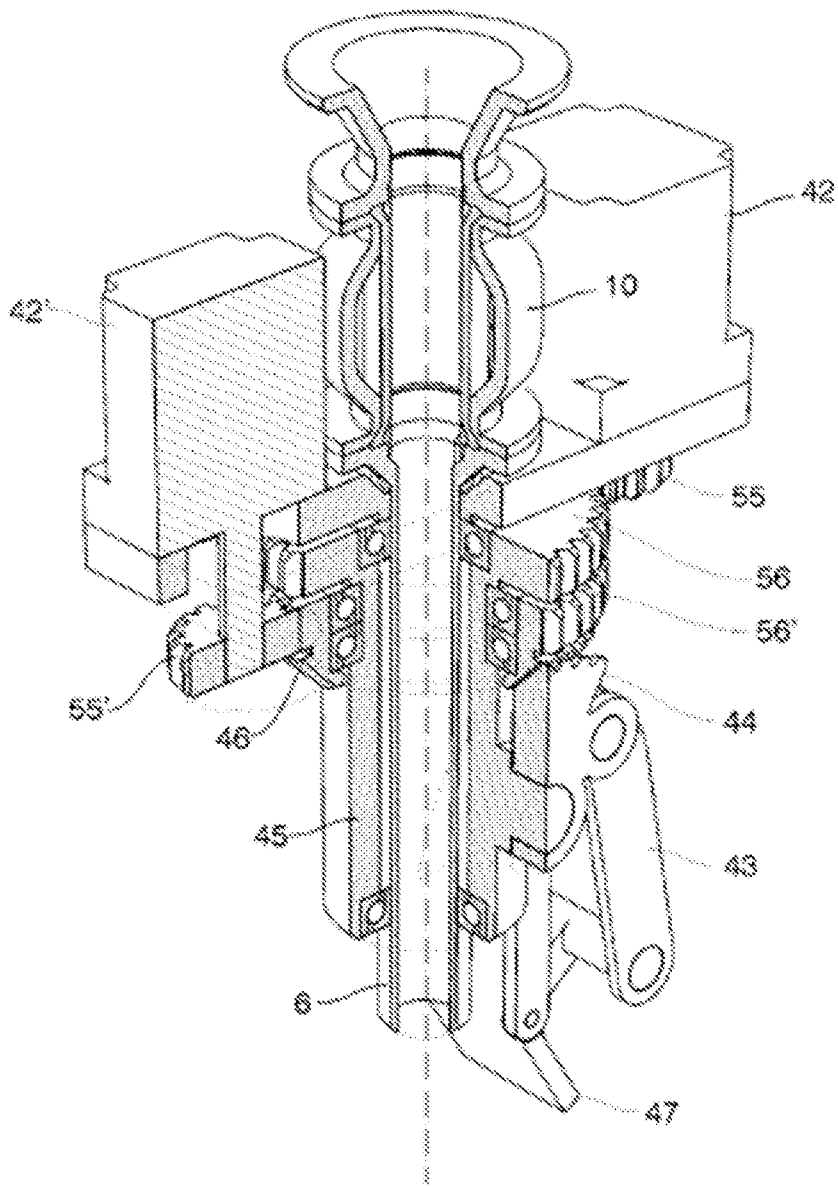


FIG.11

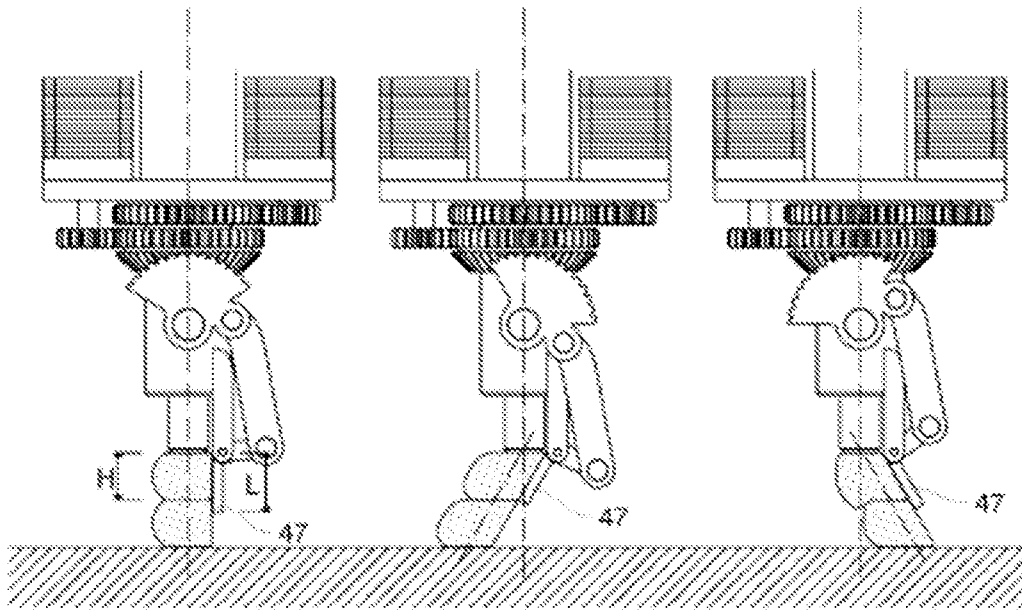


FIG. 12

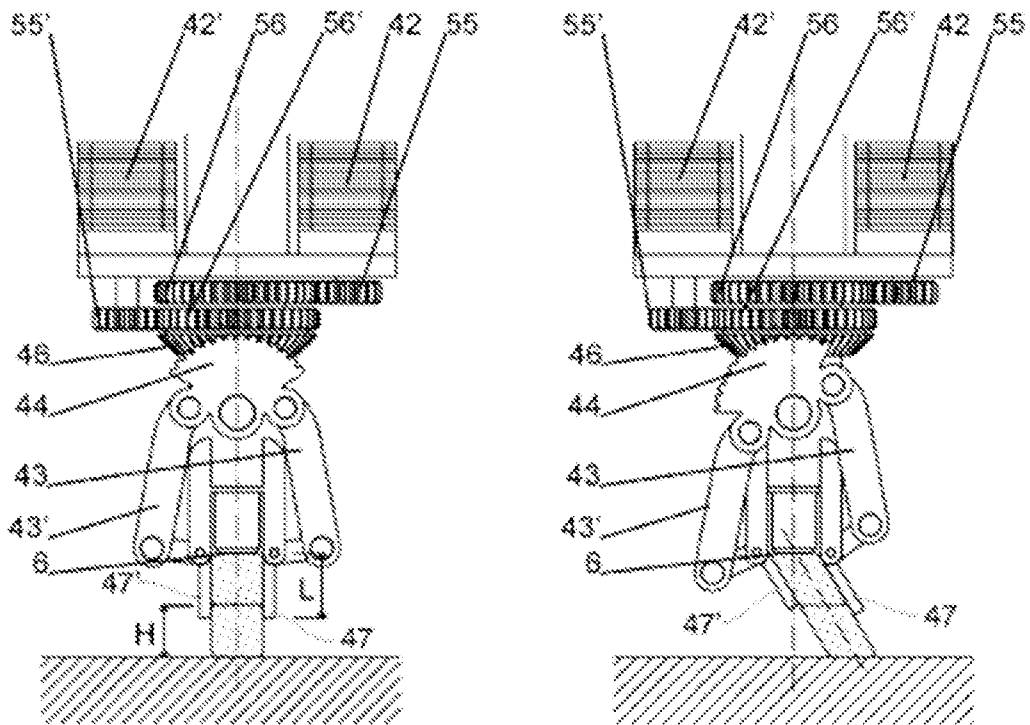


FIG. 13

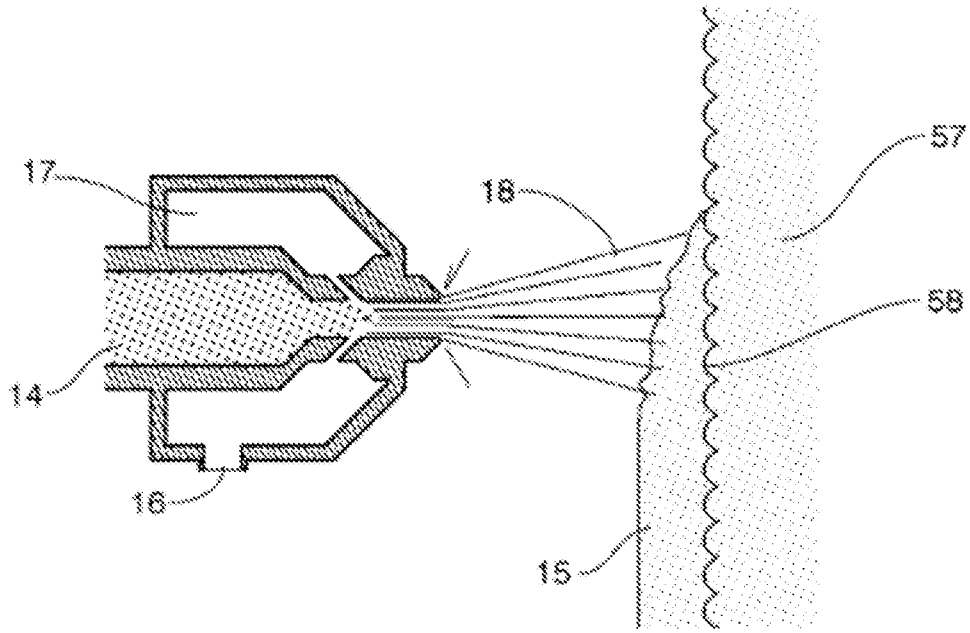


FIG. 14

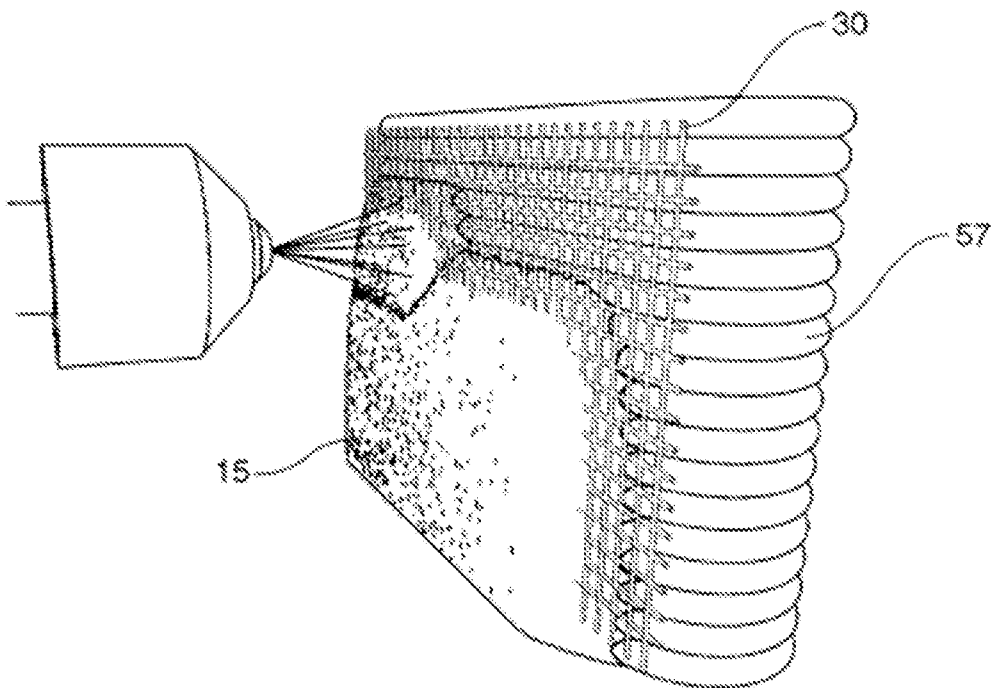


FIG. 15

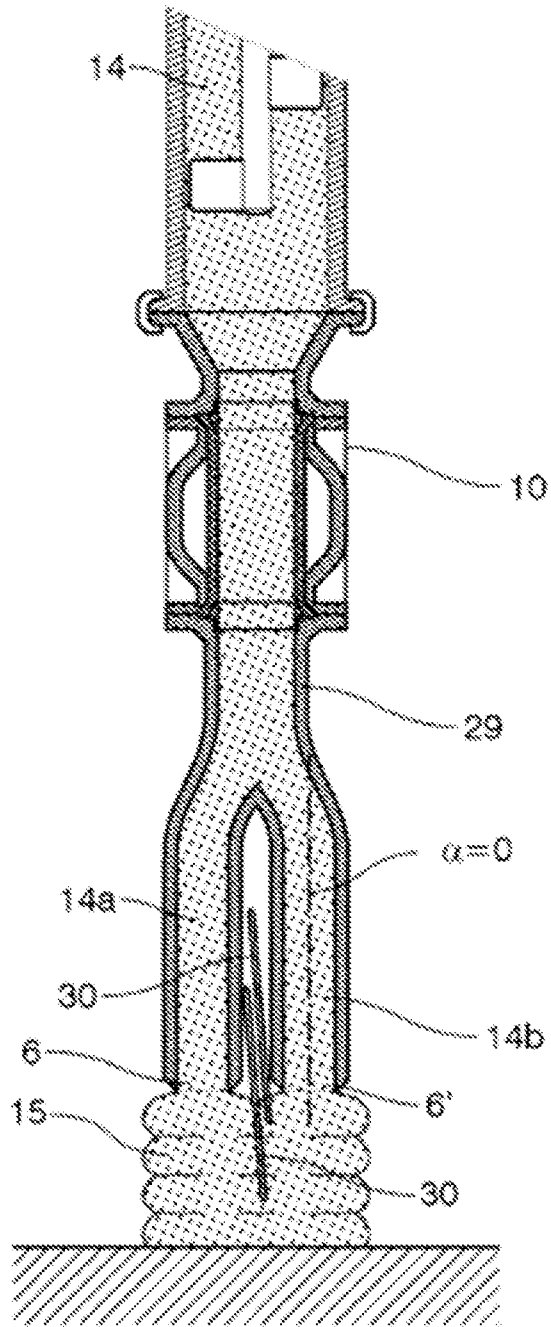


FIG.16

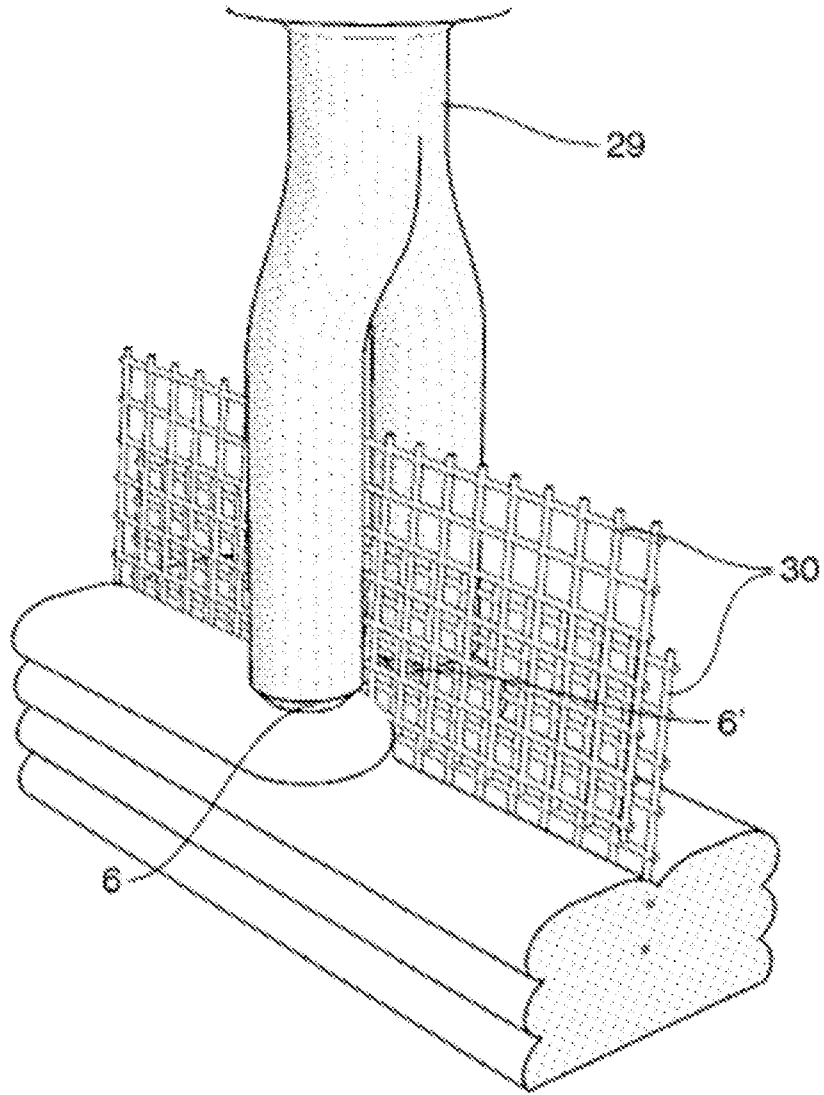


FIG.17

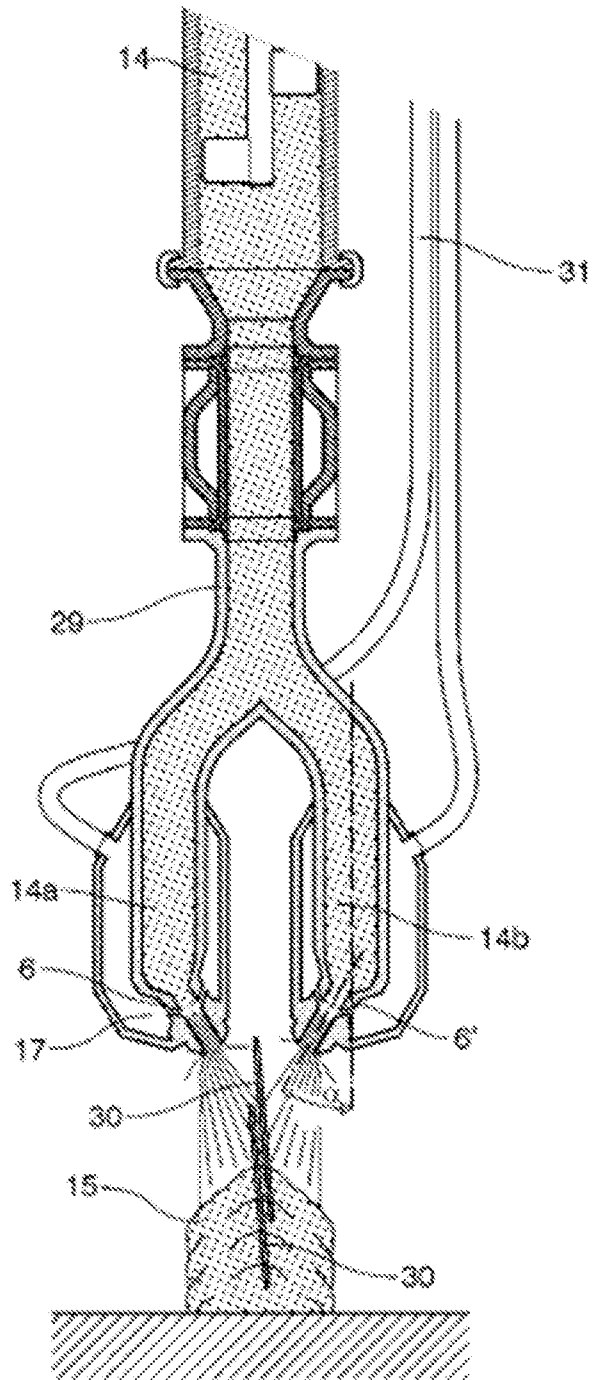


FIG.18

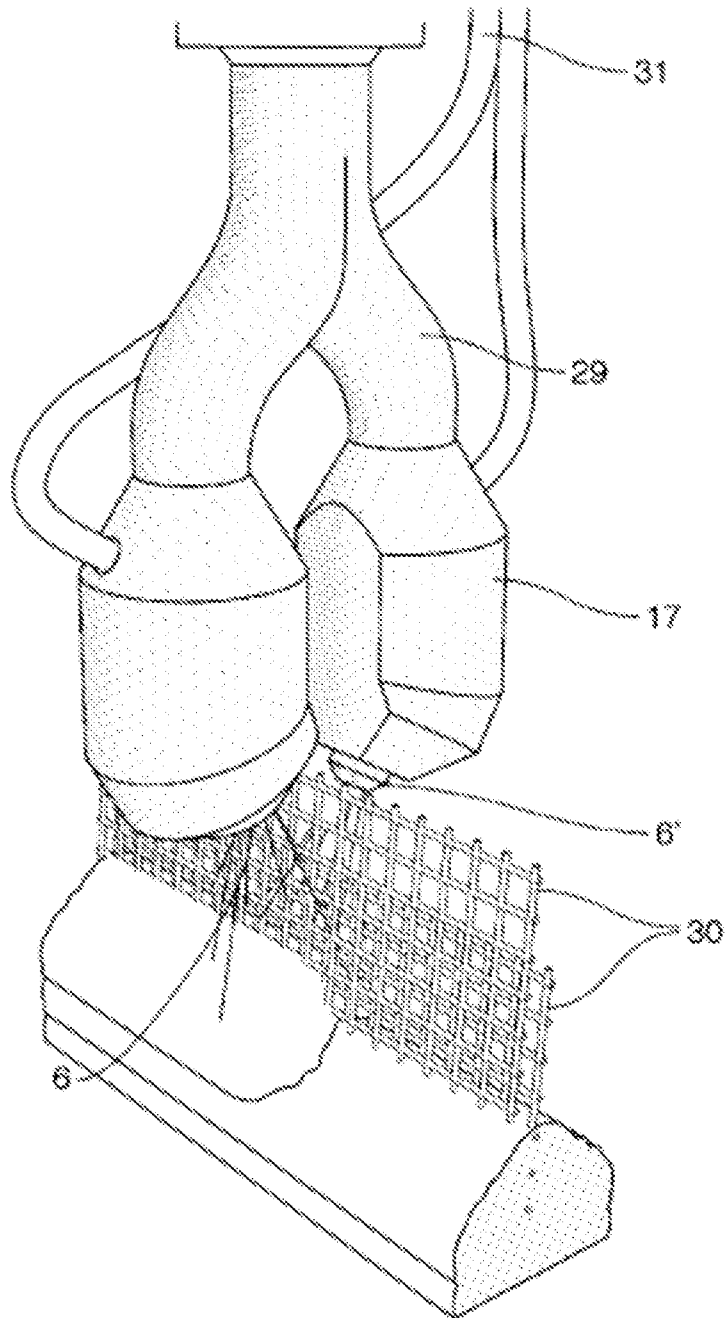


FIG. 19

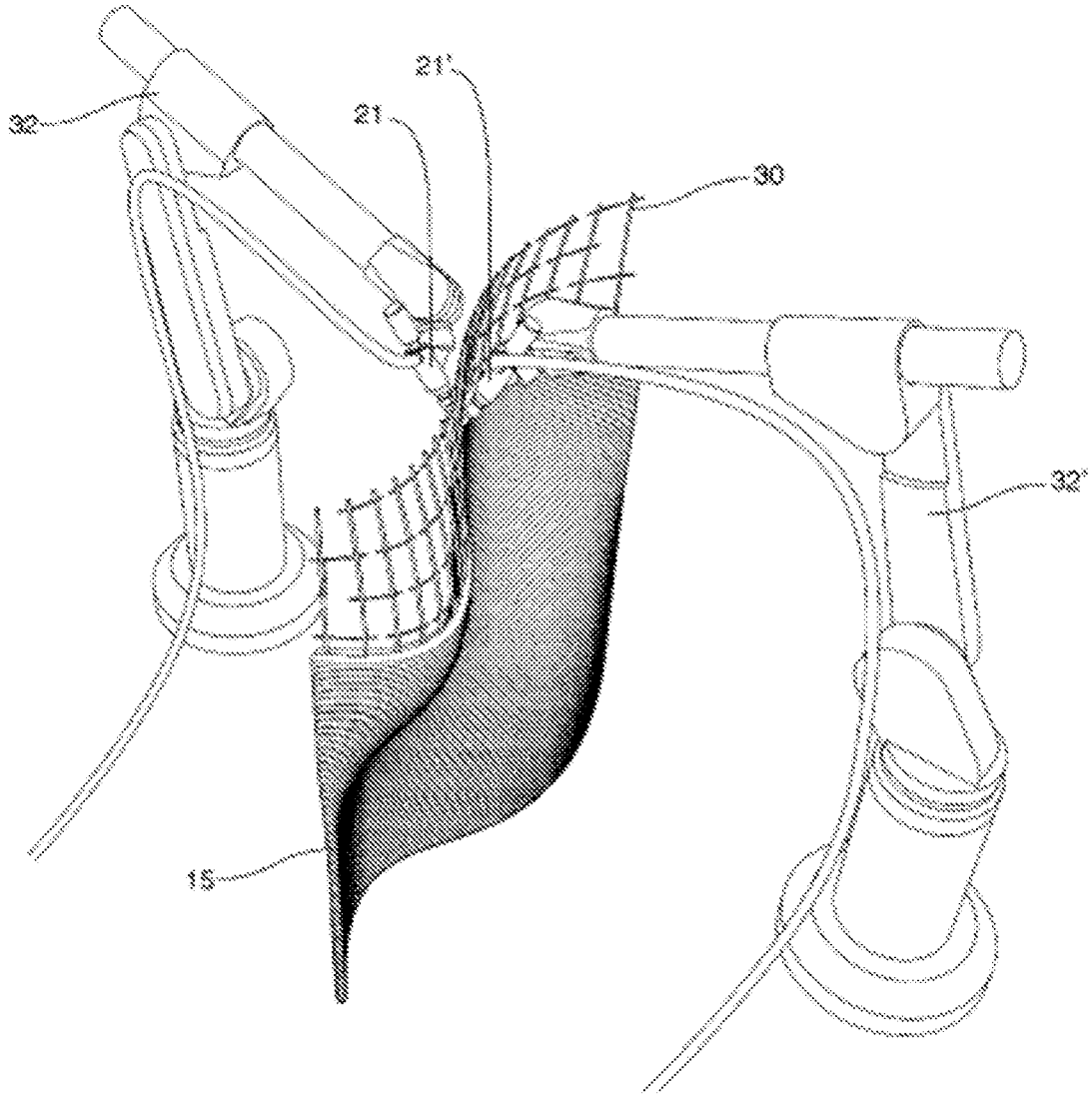


FIG.20