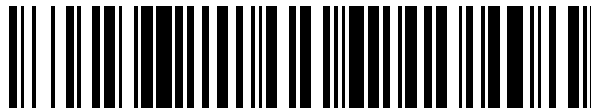


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 946 593**

51 Int. Cl.:

B29C 64/118 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.06.2019 PCT/EP2019/065171**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.12.2020 WO20249189**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2019 E 19730156 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2023 EP 3983198**

54 Título: **Método de impresión 3D de un cuerpo de caucho elastoméricamente deformable, en particular de un sello de caucho**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.07.2023

73 Titular/es:

**TRELLEBORG SEALING SOLUTIONS GERMANY
GMBH (100.0%)
Schockenriedstraße 1
70565 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es:

**GERADA, IVAN y
HIGNETT, MARTIN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 946 593 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método de impresión 3D de un cuerpo de caucho elastoméricamente deformable, en particular de un sello de caucho

La invención se refiere a un método de impresión 3D de un cuerpo de caucho elastoméricamente deformable, en particular un sello de caucho.

5 El uso de productos de caucho tanto sintético como natural está firmemente establecido en una amplia gama de aplicaciones técnicas como, por ejemplo, en el campo de la tecnología de sellado. Los productos de caucho deben vulcanizarse para endurecer el caucho, lo que se puede definir como el curado del caucho. El curado funciona mediante la formación de enlaces cruzados químicos entre secciones de cadenas poliméricas, lo que produce como resultado mayor rigidez y mayor durabilidad, así como otros cambios en las propiedades mecánicas del caucho. El curado del caucho es generalmente irreversible y puede lograrse mediante la aplicación de calor. Típicamente, se utilizan cauchos basados en nitrilo, como el caucho de acrilonitrilo butadieno, p. ej. en el campo de la tecnología de sellado. El moldeo por inyección es el método más ampliamente utilizado para la producción industrial de piezas de caucho elastoméricamente deformables. La impresión 3D de piezas de caucho que tienen que cumplir altos requisitos con respecto a su precisión dimensional y propiedades elásticas, en particular sellos de caucho (juntas) y similares, ha fracasado hasta la fecha.

Por lo tanto, el objeto de la invención es proporcionar un método de impresión 3D adecuado para producir piezas de caucho elastoméricamente deformables con bajas tasas de rechazo que muestren características del material y una precisión dimensional comparables a las de una pieza de caucho moldeada por inyección correspondiente.

20 El método de impresión 3D de una pieza de caucho elásticamente deformable utilizando un sistema de impresora 3D de acuerdo con la invención se especifica en la reivindicación 1.

El sistema de impresora 3D utilizado en la invención permite la impresión de un cuerpo o pieza de caucho elásticamente deformable, en particular una junta de caucho. El sistema de impresora 3D comprende:

- 25 - una extrusora que tiene una carcasa con una abertura de entrada y una boquilla, comprendiendo la extrusora primeros medios de calentamiento para calentar caucho en bruto R alimentado a la extrusora a través de la abertura de entrada;
- una cama de impresión con segundos medios de calentamiento;
- medios de impulsión para mover la extrusora y la cama de impresión una con respecto a otra; y
- 30 - un control electrónico para la extrusora y los segundos medios de calentamiento de la cama de impresión, donde el control electrónico está adaptado para controlar la extrusora y los primeros medios de calentamiento de manera que el caucho se cura parcialmente dentro de la extrusora y dicho caucho parcialmente curado r se extruye por la boquilla y se deposita sobre la cama de impresión durante el funcionamiento del sistema de impresora 3D y de manera que el caucho parcialmente curado r depositado se sigue curando durante y después de que la pieza de caucho se haya impreso sobre la cama de impresión.

35 El sistema de impresora 3D utilizado en la invención permite imprimir piezas de caucho que muestran características del material y una precisión dimensional comparables a las de las piezas de caucho moldeadas por inyección correspondientes. Debido al hecho de que el control electrónico está adaptado, en particular programado, para que se extruya desde la extrusora (solo) caucho parcialmente reticulado o parcialmente curado, el caucho extruido ya muestra una estabilidad dimensional suficiente para no extenderse sobre la cama de impresión. Esto es esencial para la estabilidad dimensional y la precisión dimensional de la pieza de caucho. Una vez depositada sobre la cama de impresión calentada, la cama de impresión calentada permite un proceso de curado continuo. Ventajosamente, la temperatura de la cama de impresión y/o de la atmósfera circundante está estrictamente regulada por el control electrónico. Debe entenderse que cada capa de caucho parcialmente curado se deposita sobre la anterior en un instante en el tiempo en el que la anterior todavía permite la formación de un número suficiente de enlaces cruzados con la capa de caucho recién depositada encima de ella. El sistema de impresora 3D llena un vacío que existía cuando se necesitan piezas de caucho de precisión en pequeñas cantidades.

De acuerdo con una realización no cubierta por las reivindicaciones, la extrusora está diseñada como una extrusora de tornillo sin fin, en particular como extrusora de tornillo sin fin único. Estas extrusoras de tornillo sin fin, en particular las extrusoras de tornillo sin fin único, se pueden realizar de una manera estructuralmente sencilla y suficientemente robusta desde el punto de vista mecánico. Además, una extrusora de tornillo sin fin único permite tanto un mezclado fiable como el calentamiento del material de caucho en bruto utilizado para el proceso de impresión 3D.

Los polímeros como el caucho calentado muestran una reducción de la viscosidad por cortante cuando se exponen a un esfuerzo cortante, es decir, un comportamiento no newtoniano. La viscosidad de estos polímeros disminuye bajo esfuerzo cortante. Es necesario tener en cuenta este comportamiento con respecto a la construcción de la extrusora. Con respecto a esto, en una zona de entrada o de alimentación de la extrusora que tiene la abertura de entrada, el tornillo sin fin, preferiblemente, o bien contacta con la superficie interior de la pared de la carcasa de la extrusora o

bien está mínimamente separado de dicha superficie interior formando un (primer) espacio entre la superficie interior de la pared de la carcasa y el tornillo sin fin, mientras que se proporciona un (segundo) espacio en una zona de calentamiento y mezclado entre el tornillo sin fin y la superficie interior de la carcasa. Este (segundo) espacio es ventajosamente mayor que el primer espacio en la región de la zona de entrada de la extrusora. De esta manera, el caucho calentado puede ser forzado en dirección a la boquilla (flujo hacia adelante) de la extrusora por rotación del tornillo sin fin y, en la zona de calentamiento y mezclado de la extrusora, fluir parcialmente hacia atrás (flujo hacia atrás) a través de dicho segundo espacio. Esto mejora enormemente el mezclado y la desgasificación del caucho calentado dentro de la zona de calentamiento y mezclado de la cámara interna de la extrusora. Además, esto facilita un curado parcial definido del caucho calentado debido a un tiempo suficiente de exposición al calor generado por los primeros medios de calentamiento de la extrusora, así como debido al esfuerzo cortante adicional ejercido sobre el caucho calentado durante el flujo hacia atrás del mismo y el proceso de mezclado. En general, de este modo se puede realizar la extrusión de caucho parcialmente curado sin burbujas y mezclado muy homogéneamente.

De acuerdo con una realización no cubierta por las reivindicaciones, el tornillo sin fin está provisto, al menos en la zona de alimentación o de entrada de la extrusora, de bordes de filetes de rosca dentados. De este modo, el material de caucho en bruto se puede cortar activamente en pedazos (triturar) y arrastrar más hacia el interior de la extrusora, donde se calienta y se mezcla. No son necesarios más dispositivos de alimentación para el suministro del material de caucho en bruto una vez ubicados en la zona de entrada. Los dientes de los bordes de los filetes de rosca pueden tener bordes cortantes para facilitar aún más el triturado del caucho en bruto.

De acuerdo con una realización no cubierta por las reivindicaciones, los primeros medios de calentamiento de la extrusora pueden estar dispuestos dentro de una pared de la carcasa de la extrusora. De este modo, los primeros medios de calentamiento están protegidos contra daños mecánicos y a la vez se facilita un calentamiento fiable del caucho en bruto. Los primeros medios de calentamiento pueden, por ejemplo, estar dispuestos dentro de un canal o surco dispuesto en la pared de la carcasa de la extrusora que limita directamente la cámara de mezclado.

Se puede obtener un calentamiento muy homogéneo del caucho en bruto si los primeros medios de calentamiento abarcan al menos parcialmente una cámara interna de la extrusora en la que está dispuesto el tornillo sin fin.

Para la monitorización y el control del calentamiento, mezclado y curado parcial del caucho dentro de la extrusora, el control electrónico comprende preferiblemente al menos un primer sensor de temperatura que está dispuesto dentro de o sobre la extrusora. Dicho primer sensor de temperatura puede, por ejemplo, estar dispuesto en un rebaje de la pared de la carcasa de la extrusora. El control electrónico comprende preferiblemente un sensor de temperatura adicional para determinar y regular la temperatura de la cama de impresión o de una atmósfera que rodea directamente a la cama de impresión.

Además, el control electrónico comprende preferiblemente al menos un sensor de presión ubicado en la extrusora para determinar una presión operativa dentro de la cámara interna durante el funcionamiento del sistema de impresora 3D.

Preferiblemente, el control electrónico se puede programar libremente de modo que el sistema de impresora 3D se pueda ajustar a la impresión 3D de diferentes piezas de caucho de forma rápida y con poco esfuerzo. De esta manera, la potencial amplitud de aplicación del sistema de impresora 3D puede incrementarse aún más. El control electrónico puede, por ejemplo, comprender un ordenador con un software operativo respectivo y un software de aplicación de impresión 3D almacenados en su dispositivo de memoria. Asimismo, en lo que respecta a la industria 4.0 y al intercambio de datos en la industria, el software de impresión 3D necesario, así como los parámetros de construcción que definen la pieza de caucho a imprimir, se pueden almacenar y poner a disposición para su uso en una así llamada nube.

La cama de impresión está preferiblemente hecha de vidrio, de una resina o de cerámica técnica. La superficie de la cama de impresión está ventajosamente diseñada de tal manera que la cama de impresión proporciona un acoplamiento por fricción suficiente del caucho parcialmente curado depositado directamente sobre la cama de impresión y facilita además el desacoplamiento del cuerpo de caucho completamente curado cuando se retira de la cama de impresión. Por ejemplo, la superficie de la cama de impresión puede mostrar microdepresiones, p. ej. microfisuras o microprotuberancias, mediante las cuales se puede reducir la superficie de contacto de la cama de impresión con el caucho extruido depositado sobre ella.

Los segundos medios de calentamiento de la cama de impresión, de acuerdo con una realización no cubierta por las reivindicaciones, están situados al menos parcialmente debajo y/o al menos parcialmente dentro de la cama de impresión. Esto permite un control de temperatura rápido y fiable de la cama de impresión para permitir un curado definido del caucho extruido parcialmente curado depositado sobre la misma.

Los primeros medios de calentamiento de la extrusora y/o los segundos medios de calentamiento de la cama de impresión comprenden preferiblemente uno o más elementos de calentamiento por resistencia eléctrica. Los elementos de calentamiento por resistencia eléctrica son fáciles de obtener en una amplia gama de diseños y clases de prestaciones en el mercado a bajo coste. Dichos elementos de calentamiento por resistencia eléctrica permiten un control muy sensible del caucho dispuesto dentro de la extrusora o extruido en la cama de impresión.

De acuerdo con una realización no cubierta por las reivindicaciones, la cama de impresión está dispuesta dentro de una envuelta, preferiblemente hermética al aire. Esto reduce la demanda de energía para el proceso de impresión. Además, la cama de impresión puede exponerse a una atmósfera controlada que puede diferir de la atmósfera ambiente del sistema de impresora 3D. Por ejemplo, la exposición del caucho extruido parcialmente curado depositado sobre la cama de impresión a una atmósfera que consiste en más del 95 % de un gas inerte como, por ejemplo, nitrógeno, puede ser deseable para reducir los efectos de oxidación no deseados durante el proceso de impresión y/o curado de la pieza de caucho directamente sobre la cama de impresión. Además, la humedad dentro de la envuelta se puede mantener en un valor objetivo óptimo. Si la envuelta está diseñada para proporcionar una cámara de presión, la deposición y el curado del caucho parcialmente curado sobre la cama de impresión se pueden llevar a cabo a una temperatura elevada y a una presión diferente de la presión del aire ambiente. Por ejemplo, el material de caucho depositado sobre la cama de impresión puede someterse a vapor saturado presurizado para acelerar aún más el proceso de curado.

De acuerdo con una realización no cubierta por las reivindicaciones, al menos parte de los segundos medios de calentamiento están dispuestos dentro de o sobre la envuelta. Esto permite calentar el caucho parcialmente curado depositado sobre la cama de impresión desde el lateral y/o desde arriba.

De acuerdo con una realización no cubierta por las reivindicaciones, al menos parte de los segundos medios de calentamiento pueden estar diseñados como ventiladores de radiador. Los ventiladores de radiador pueden estar dispuestos, en particular, debajo de la cama de impresión o sobre la citada envuelta y estar provistos de conductos de aire para guiar el aire templado/caliente desde los ventiladores de radiador hasta el lado superior de la cama de impresión.

De acuerdo con una realización no cubierta por las reivindicaciones, la impresora 3D comprende un segundo cabezal de impresión para imprimir estructuras de soporte o estructuras posicionadoras para la pieza de caucho elásticamente deformable a imprimir. Es necesario imprimir dichas estructuras de soporte o posicionadoras con un material más rígido que el material de caucho elástico del cuerpo de caucho que se va a imprimir. Por lo tanto, el segundo cabezal de impresión está estructurado y dispuesto para la extrusión de un material de soporte/posicionador como, por ejemplo, un material termoplástico, p. ej. ácido poliláctico, o un termoestable adecuado. Tanto los primeros como los segundos extrusora o cabezales de impresión están controlados preferentemente por el control electrónico. La estructura de soporte puede, por ejemplo, servir como soporte para protuberancias de la pieza de caucho que se va a conformar, que de otro modo no estarían soportadas. Asimismo, la estructura de soporte puede servir como soporte lateral o incluso como contención de la pieza de caucho que se va a conformar sobre la cama de impresión. De esta manera, se puede conseguir un acabado superficial más liso de la pieza de caucho si es necesario. Dicha estructura de soporte también puede servir para generar microestructuras en la superficie de la pieza de caucho que serían difíciles de crear de otro modo. Es necesario señalar que la estructura de soporte puede servir alternativamente como refuerzo de la pieza de caucho que permanece embebida en ella para siempre. En este caso, la pieza de caucho está diseñada como una pieza de múltiples componentes.

Los cabezales de impresión primero y segundo se pueden accionar preferiblemente uno con independencia del otro. La extrusora y el segundo cabezal de impresión pueden desplazarse cada uno desde una posición de impresión activa a una posición de reposo y viceversa en relación con la cama de impresión. Solo uno de la extrusora o el segundo cabezal de impresión se pueden colocar en la posición de impresión activa en un instante dado. De este modo, las colisiones de la extrusora/segundo cabezal de impresión entre sí o con las capas de caucho parcialmente curado ya depositadas sobre la cama de impresión pueden evitarse fácilmente durante el funcionamiento del sistema de impresión 3D.

De acuerdo con la invención, el método de impresión 3D de un cuerpo de caucho elásticamente deformable, en particular una junta de caucho, utilizando una impresora 3D que comprende una extrusora y un primer cabezal de impresión que tiene una boquilla de salida, comprende los siguientes pasos:

- Proporcionar caucho en bruto R sin curar en forma de tiras, gránulos o similares;
- alimentar el caucho en bruto sin curar a la extrusora a través de la abertura de entrada;
- calentar el caucho en bruto sin curar dentro de la extrusora mediante aplicación de calor y mezclar el caucho calentado dentro de la extrusora;
- curar parcialmente el caucho en bruto R calentado dentro de la extrusora;
- calentar la cama de impresión;
- conformar una primera capa de caucho parcialmente curado r extruyendo caucho parcialmente curado por la boquilla de la extrusora y depositando el caucho extruido parcialmente curado r sobre la cama de impresión mientras se mueven la extrusora y la cama de impresión una con respecto a otra;

- 5 • imprimir capas subsiguientes de caucho parcialmente curado r extruyendo más caucho parcialmente curado r por la boquilla y depositando el caucho extruido encima de la respectiva capa inmediatamente anterior de caucho parcialmente curado r al mover la boquilla y la cama de impresión una con respecto a otra a una distancia preestablecida, donde la distancia es tal que el caucho parcialmente curado r recién extruido se aplasta mecánicamente en la respectiva capa inmediatamente anterior de caucho parcialmente curado r;
- seguir curando cada una de las capas de caucho una vez depositadas sobre la cama de impresión y hasta que el cuerpo de caucho impreso en 3D se cure al estado de curado deseado sobre la cama de impresión.

10 El método de impresión 3D de un cuerpo de caucho elásticamente deformable de acuerdo con la invención permite la fabricación de piezas de caucho que muestran características del material y una precisión dimensional comparables a las de las piezas de caucho moldeadas por inyección correspondientes. No hay necesidad de costosos moldes que son necesarios en el moldeo por inyección, por lo tanto, incluso una única copia o pequeñas cantidades de piezas de caucho idénticas pueden fabricarse de manera económicamente ventajosa.

15 La prevulcanización parcial del caucho calentado dentro de la extrusora permite una deposición precisa del caucho extruido parcialmente curado sin el riesgo de goteo, salpicaduras o corrimiento, lo que pondría en peligro la precisión dimensional del cuerpo (de la pieza) de caucho a conformar. Además, la viscosidad del caucho no vulcanizado calentado disminuye cuando se somete a esfuerzo cortante dentro de la extrusora. Este comportamiento no newtoniano puede contrarrestarse mediante el curado parcial del caucho calentado dentro de la extrusora. De esta manera, se facilita el control de la extrusión del caucho. Además, puede evitarse así una separación de fases no deseada del caucho calentado y posibles componentes o aditivos adicionales incluidos en el mismo. De este modo se
20 puede reducir el riesgo de una composición de material no homogénea del caucho extruido desde la boquilla y, por tanto, de una composición de material no homogénea así como de una característica de material no homogénea de la pieza de caucho que se va a conformar.

25 Además, aplastando parcialmente el caucho extruido en la respectiva capa de caucho directamente anterior, puede incrementarse significativamente la unión entre las respectivas capas del caucho parcialmente curado. De esta manera, se puede garantizar una estabilidad mecánica mejorada, así como una característica homogénea del material del cuerpo de caucho impreso en 3D. Asimismo, el aplastamiento ejerce un esfuerzo cortante adicional sobre el caucho parcialmente curado, tanto del caucho recién depositado como de la capa de caucho justo debajo. Esto favorece el curado local del caucho en la zona de contacto de las dos capas. El curado adicional del caucho, una vez depositado sobre la cama de impresión, continúa mediante la aplicación de calor, las capas de caucho ya impresas se siguen
30 estabilizando dimensionalmente mientras continúa el proceso de impresión.

De acuerdo con la invención, el caucho calentado se cura parcialmente dentro de la extrusora únicamente aplicando calor y mezclándolo mecánicamente dentro de la extrusora. Esto permite un control preciso del curado parcial del caucho en bruto calentado dentro de la extrusora y también un diseño constructivo simple de la extrusora.

35 El método de impresión 3D de acuerdo con la invención comprende el paso de hacer avanzar la extrusora hacia la cama de impresión, al final de la impresión de cada capa sobre la cama de impresión. De este modo, puede evitarse una deformación no deseada de la capa recién depositada y/o de la respectiva capa inmediatamente anterior de material de caucho parcialmente curado. En particular, puede evitarse una dehiscencia no deseada de la capa recién depositada de caucho parcialmente curado de la cama de impresión o de la respectiva capa inmediatamente anterior de material de caucho parcialmente curado.

40 El paso de avance se realiza preferiblemente antes de que se interrumpa la extrusión del caucho parcialmente curado y el cabezal de impresión se mueve en una dirección orientada en dirección contraria a la cama de impresión.

45 De acuerdo con una realización preferida adicional de la invención, para cada interrupción de la extrusión del caucho parcialmente curado, la presión operativa ejercida sobre el caucho parcialmente curado dentro de la extrusora puede reducirse bajo el control del control electrónico. De ese modo, se puede evitar una fuga no deseada de caucho parcialmente curado desde la boquilla de la extrusora cuando está en reposo.

De acuerdo con una realización preferida adicional de la invención, el método de impresión 3D se caracteriza por el paso adicional de crear una estructura de soporte para cualquiera de las capas o todas las capas del caucho sin curar imprimiendo y endureciendo un material termoplástico o un termoestable u otro tipo de material adecuado sobre la cama de impresión. Esto permite una impresión 3D de piezas de caucho de básicamente cualquier diseño geométrico.

50 Ventajas adicionales de la presente invención se encuentran en la descripción detallada de la invención, así como en el dibujo. Es necesario señalar que las realizaciones de la invención mostradas en el dibujo, así como las descritas en el contexto del mismo, son meramente de naturaleza ejemplar y sirven para una mejor comprensión de la invención.

En el dibujo,

55 Figura 1 muestra un sistema de impresora 3D para imprimir un cuerpo de caucho, en particular un sello de caucho, que comprende una extrusora de tornillo sin fin único controlada electrónicamente para calentar, mezclar y curar parcialmente tiras de caucho alimentadas a la extrusora;

- Figura 2 muestra una vista más detallada de la extrusora del sistema de impresión 3D de acuerdo con la Figura 1;
- Figura 3 muestra una vista parcial detallada del tornillo sin fin único de la extrusora en el área identificada como "A" en la Figura 2;
- 5 Figura 4 muestra una vista parcial detallada del tornillo sin fin único de la extrusora en el área identificada como "B" en la Figura 2;
- Figura 5 muestra una vista lateral de una realización preferida del tornillo sin fin de la extrusora de tornillo sin fin único mostrada en la Figura 1;
- Figura 6 muestra una vista lateral parcial del tornillo sin fin representado en la Figura 5;
- 10 Figura 7 muestra una vista lateral de una primera realización de la cama de impresión del sistema de impresora 3D de acuerdo con la Figura 1;
- Figura 8 muestra una vista lateral de una realización preferida adicional de la cama de impresión del sistema de impresora 3D de acuerdo con la Figura 1;
- 15 Figura 9 muestra una vista lateral de una realización adicional de la cama de impresión del sistema de impresora 3D de acuerdo con la Figura 1;
- Figura 10 muestra una vista lateral de una realización adicional de la cama de impresión del sistema de impresora 3D de acuerdo con la Figura 1;
- Figura 11 muestra una vista en sección transversal parcial de la boquilla de la extrusora del sistema de impresora 3D de acuerdo con la Figura 1;
- 20 Figura 12 muestra una segunda realización de un sistema de impresora 3D que tiene un par de cabezales de impresión, cada uno de los cuales comprende una extrusora;
- Figura 13 muestra una vista parcialmente rota de las carcassas de extrusora de las dos extrusoras del sistema de impresora 3D de acuerdo con la Figura 12;
- Figura 14 muestra una vista esquemática de las extrusoras del sistema de impresora 3D de acuerdo con la Figura 12;
- 25 Figura 15 muestra una vista esquemática de las extrusoras del sistema de impresora 3D de acuerdo con la Figura 12 durante la impresión de una estructura de soporte a partir de un termoplástico o un termoestable;
- Figura 16 muestra una vista esquemática de las extrusoras del sistema de impresora 3D de acuerdo con la Figura 12 durante la impresión de la pieza de caucho elásticamente deformable; y
- 30 Figura 17 muestra un diagrama de bloques de un método de impresión en 3D de un cuerpo de caucho elásticamente deformable usando un sistema de impresora 3D como el representado en las Figuras 1 a 16.

La Figura 1 representa una primera realización de un sistema de impresora 3D 10 utilizado en la invención en una vista esquemática. El sistema de impresora 3D 10 sirve para imprimir piezas o cuerpos de caucho 12 elásticamente deformables como, por ejemplo, juntas de caucho. El sistema de impresora 3D 10 comprende un primer cabezal de impresión en forma de extrusora 14 y una cama de impresión 16 sobre la que se va a imprimir la respectiva pieza de caucho 12. La extrusora 14 se puede mover en traslación con respecto a la cama de impresión 16 a lo largo de tres ejes X, Y, Z mediante unos medios de impulsión 18.

La extrusora 14 está diseñada como una extrusora 14 de tornillo sin fin único y comprende una carcasa 20 con una cámara interna 22 en la que un único tornillo sin fin 24 está dispuesto con el giro permitido alrededor del eje de rotación 26. El tornillo sin fin 24 tiene preferiblemente un único filete de rosca de inicio 28 y es accionado por un motor eléctrico 30.

La carcasa 20 de la extrusora presenta primeros medios de calentamiento 32. Los primeros medios de calentamiento 32 están dispuestos preferiblemente dentro de la pared 34 de la carcasa y pueden estar conformados como medios de calentamiento por resistencia eléctrica. Cada uno de los primeros medios de calentamiento 32 abarca al menos parcialmente la cámara interna 22 de la extrusora 14 para permitir un calentamiento homogéneo del caucho en bruto R alimentado al interior de la cámara interna 22 a través de la abertura de entrada 36 de la extrusora 14. La cama de impresión 16 presenta segundos medios de calentamiento no mostrados en la Figura 1 y que se describirán con mayor detalle más adelante.

El sistema de impresora 3D 10 comprende además un control electrónico 38 programable. El control electrónico 38 comprende al menos un sensor de temperatura 40 para determinar la temperatura del material de caucho calentado dentro de la extrusora y un sensor de presión 42 para determinar la presión operativa dentro de la extrusora 14. El control electrónico sirve para controlar los medios de impulsión, el motor eléctrico 30 del tornillo sin fin 24 así como los primeros medios de calentamiento 32 y los segundos medios de calentamiento de la cama de impresión 16. El control electrónico 38 puede, en particular, comprender un ordenador como por ejemplo una estación de trabajo o un ordenador personal que tenga un dispositivo de almacenamiento en el que se almacenan un software de operación así como un software de aplicación para controlar el proceso de impresión 3D (no mostrado en las Figuras).

La extrusora 14, en la dirección del eje de rotación 26, muestra una zona superior de alimentación o de entrada 44 que incluye la abertura de entrada 36, una zona de calentamiento y mezclado 46 y una zona de extrusión inferior 48. La zona de extrusión inferior 48 presenta una boquilla 50 que sirve para dispensar, es decir, para extruir, el caucho calentado y parcialmente curado, que se designa r en los dibujos

En la Figura 2, se muestra la extrusora 14 del sistema de impresora 3D en una vista parcial aislada. Se entiende que el diámetro de abertura d de la boquilla 46 utilizada para la extrusión del caucho calentado y parcialmente curado r se selecciona dependiendo del dimensionamiento del cuerpo de caucho que se va a imprimir. El curado parcial del caucho en bruto R calentado se logra mediante la aplicación de calor así como mediante el mezclado del mismo dentro de la cámara interna 22 de la extrusora 14.

La extrusora 14 está adaptada a la conocida reducción de la viscosidad por cortante del caucho calentado (y sin curar), es decir, al comportamiento no newtoniano del caucho en bruto R calentado cuando se expone a esfuerzo cortante. En cuanto a esto, en la zona de entrada 44 de la extrusora 14, no existe o solo existe un pequeño espacio 52 entre el tornillo sin fin y la superficie interior 54 de la pared 34 de la carcasa, como se muestra con mayor detalle en la Figura 3. Esto permite la acumulación de una presión operativa dentro de la cámara interna 22 necesaria para extruir el caucho parcialmente curado r.

En contraste con esto, en la zona de calentamiento y mezclado 46, así como en la zona de extrusión 48, existe un espacio 52 mayor entre el tornillo sin fin 24 y la superficie interior 48 de la pared 34 de la carcasa que puede aumentar aún más de tamaño en dirección hacia la boquilla 50, véase la Figura 4. De esta manera, el caucho calentado puede ser forzado en una dirección axial hacia la boquilla 50 (flujo hacia adelante) de la extrusora 14 por rotación del tornillo sin fin 24 y fluir parcialmente hacia atrás (flujo hacia atrás) a través del espacio 52. Esto mejora en gran medida el mezclado del caucho calentado dentro de la zona de calentamiento y mezclado de la cámara interna 22 de la extrusora 14. Además, esto provoca un curado parcial definido del caucho calentado debido a un tiempo suficiente de exposición del mismo al calor generado por los primeros medios de calentamiento 32 de la extrusora 14, así como debido al esfuerzo cortante ejercido sobre el caucho calentado durante el proceso de mezclado.

El tornillo sin fin 24 tiene preferiblemente bordes de filetes de rosca 56 dentados como se muestra en las Figuras 5 y 6 de tal manera que el material de caucho en bruto tipo hilo que se alimenta a la extrusora 14 es atrapado por los dientes 58 de los bordes de los filetes de rosca 56 y arrastrado directamente al interior de la cámara interna 22 por el tornillo sin fin giratorio 24. Las estrías 58 pueden estar provistas de bordes cortantes 60. Esto permite un triturado adicional del hilo de caucho en bruto alimentado a la extrusora 14. Esto facilita un calentamiento rápido y homogéneo del caucho en bruto R dentro de la extrusora 14.

En la Figura 7, se muestra una vista lateral de una primera realización de la cama de impresión 16 del sistema de impresora 3D 10 de acuerdo con la Figura 1. Los segundos medios de calentamiento 62 de la cama de impresión 16 están ubicados debajo de la cama de impresión 16 y pueden estar parcial o totalmente embebidos dentro del material de la cama de impresión 16. La cama de impresión 16 consta preferiblemente de un material que se sabe que es un buen conductor del calor, como por ejemplo un metal o una cerámica técnica. Los segundos medios de calentamiento 62 pueden, en particular, estar conformados como medios de calentamiento por resistencia eléctrica.

De acuerdo con la realización de la cama de impresión 16 representada en la Figura 8, los segundos medios de calentamiento 62 pueden comprender de forma alternativa o adicional uno o más ventiladores de calentamiento 64 mediante los cuales se puede generar una corriente de aire templado/caliente. Se pueden proporcionar conductos de aire 66 para guiar el aire templado/caliente directamente hacia el lado superior 68 de la cama de impresión 16 y la pieza (cuerpo) de caucho 12 impresa depositada sobre la misma durante el proceso de impresión 3D. Esto permite un curado adicional del material de caucho impreso desde el exterior hacia el interior. Los ventiladores de calentamiento 64 se pueden colocar debajo de la cama de impresión 16 para proporcionar suficiente espacio para la extrusora 14.

El sistema de impresora 3D 10 puede comprender además una envuelta 70 que define una cámara de impresión 72 con la cama de impresión 16 dispuesta en su interior como se ilustra a modo de ejemplo en las Figuras 9 y 10. La envuelta 70 permite exponer la cama de impresión a una atmósfera C que se puede controlar más fácilmente, en particular con respecto a su temperatura, humedad y/o composición de gases. Por ejemplo, la exposición del caucho parcialmente curado impreso, es decir, extruido, a una atmósfera C que consiste en más del 95 % de un gas inerte puede ser deseable para disminuir los efectos no deseados del oxígeno durante el proceso de impresión y curado de la pieza de caucho. El nivel de temperatura de la atmósfera C dentro de la envuelta 70 se puede

ajustar más fácilmente y de manera muy económica a una temperatura objetivo determinada adecuada para el curado adicional del caucho extruido/impreso dentro de la cámara de impresión 72 en comparación con una nave industrial o sala de producción. Cabe destacar que, de forma adicional o alternativa, la envuelta 70 puede estar provista de segundos medios de calentamiento 62 para un curado adicional de la pieza (cuerpo) de caucho 12 impresa de caucho parcialmente curado r. Los segundos medios de calentamiento 62 pueden estar dispuestos en la parte central de la envuelta 70 y pueden comprender, por ejemplo, uno o más radiadores de infrarrojos.

De acuerdo con la realización de la cama de impresión 16 mostrada en la Figura 10, los segundos medios de calentamiento 62 de la envuelta 70 pueden comprender uno o más ventiladores de calentamiento 64 que están montados directamente en la envuelta, en particular en una pared lateral 74 de la misma, y forman parte integral de la misma.

La Figura 11 muestra una sección parcial detallada de la boquilla 50 de la extrusora 14 de acuerdo con la Figura 2 durante la extrusión de caucho calentado y parcialmente curado r sobre la cama de impresión 16. Varias capas 76a, 76b, 76c, ..., 76n de caucho parcialmente curado r se depositan una encima de otra. Aquí, unas capas primera y segunda 76a, 76b del caucho ya están completadas con la tercera capa 76c conformándose en ese momento. La primera capa de caucho 76a se deposita directamente sobre la cama de impresión 16 y en contacto directo con el mismo. Además, el caucho parcialmente curado r se extruye desde la extrusora y se deposita directamente encima de la respectiva (segunda) capa de caucho anterior, mientras que la boquilla 50 de la extrusora 14 se mueve con respecto a la cama de impresión 16 en una dirección 78 preestablecida.

La boquilla 50 se mantiene a una distancia 80 preestablecida de la respectiva capa inmediatamente anterior 76a, 76b de caucho parcialmente curado r durante la extrusión del caucho parcialmente curado r desde la extrusora 14 y a una velocidad V preestablecida. La distancia 80 preestablecida, la velocidad V del movimiento de la extrusora con respecto a la cama de impresión 16, así como el caudal volumétrico del caucho parcialmente curado r se determinan de tal manera que el caucho parcialmente curado r, en el momento de su extrusión, se aplasta mecánicamente en la respectiva capa inmediatamente anterior 76a, 76b, 76c, ..., 76n de caucho parcialmente curado r durante la deposición del mismo sobre la citada capa 76a, 76b, 76c, ..., 76n de caucho parcialmente curado r. Esto mejora en gran medida el curado y, por tanto, mejora la unión de las diversas capas 76a, 76b, 76c, ..., 76n de caucho durante el proceso de impresión 3D. Como resultado, la pieza de caucho impresa en 3D se puede obtener con una estabilidad mecánica que corresponde a la estabilidad mecánica de las piezas de caucho fabricadas mediante un proceso de moldeado por inyección. Se pueden evitar cavidades no deseadas o la dehiscencia de capas. Además, de ese modo se puede incrementar la estabilidad dimensional de las capas impresas del caucho parcialmente curado. Es necesario destacar que el curado del caucho continúa durante todo el proceso de impresión y más allá. La pieza de caucho completamente impresa en 3D permanece sobre la cama de impresión 16 hasta que se cura a un estado de curado deseado, es decir, a una densidad de reticulación deseada. Esto puede llevar varias horas.

Se hace referencia ahora a la Figura 12 que representa una realización adicional de un sistema de impresora 3D 10 que presenta un segundo cabezal de impresión 82. El segundo cabezal de impresión 82 sirve para imprimir estructuras de soporte y/o posicionadoras para la pieza de caucho que va a ser impresa por la primera extrusora 14 sobre la cama de impresión 16. Como se muestra en la Figura 13, el segundo cabezal de impresión 82 también puede comprender una extrusora 14' de tornillo sin fin, en particular, una extrusora 14' de tornillo sin fin único, con primeros medios de calentamiento 32 como se ha descrito anteriormente. El segundo cabezal de impresión 82 se puede mover a lo largo de los tres ejes de movimiento X, Y, Z al igual que la extrusora 14 como se ha descrito anteriormente con referencia a la Figura 1. De acuerdo con la Figura 14, solo uno de la extrusora 14 o el segundo cabezal de impresión pueden colocarse en una posición de impresión activa 84 con respecto a la cama de impresión 16 en un instante dado. En la Figura 14, la extrusora 14 se muestra situada en dicha posición de impresión activa 84. El segundo cabezal de impresión 82 se muestra en su posición de reposo 86. Las posiciones activa 84 y de reposo 86 de la extrusora 14/segundo cabezal de impresión 82 están separadas entre sí en la dirección Z. La posición de impresión respectiva, así como la posición de reposo respectiva, son preferiblemente programables libremente y ajustables dinámicamente durante el proceso de impresión 3D de una pieza de caucho.

En la Figura 15, se muestra el sistema de impresora 3D 10 durante la impresión de una estructura de soporte 88 para la pieza de caucho que se va a imprimir en el sistema de impresión 3D 10. La estructura de soporte 88 se puede imprimir directamente sobre la cama de impresión 16. De forma alternativa, la estructura de soporte 88 se puede colocar al menos parcialmente sobre una capa de caucho (véase la Figura 11) previamente extruida y depositada (directa o indirectamente) sobre la cama de impresión 16. La estructura de soporte 88 se imprime preferiblemente a partir de un termoplástico o un polímero termoestable que también se conoce como termoestable y que se endurece irreversiblemente a partir de un prepolímero líquido viscoso extruido o resina. La estructura de soporte 88 generalmente se retira después del curado final del cuerpo de caucho impreso en 3D. De acuerdo con la Figura 16, la pieza de caucho 12 terminada se muestra impresa justo encima de una estructura de soporte 88. La estructura de soporte 88 también se puede utilizar como una cáscara impresa para la pieza de caucho 12 (Figura 1) para lograr estabilidad y precisión dimensional aún mayores de la misma. El espesor de capa de la estructura de soporte 88 puede ser menor que el espesor de la capa de caucho para máxima precisión, imprimiéndose el número requerido de capas de soporte preferiblemente justo antes de la siguiente capa de caucho.

ES 2 946 593 T3

Se describe un método 100 de impresión 3D de un cuerpo de caucho 12 elásticamente deformable de acuerdo con la invención usando un sistema de impresora 3D 10 como el representado anteriormente, con referencia adicional a la Figura 17. El método 100 comprende los siguientes pasos:

- proporcionar 102 caucho en bruto R sin curar en forma de tiras, gránulos o similares;
- 5 • alimentar 104 el caucho en bruto R sin curar al interior de la extrusora 14 a través de la abertura de entrada 36;
- calentar 106 el caucho en bruto R sin curar dentro de la extrusora mediante aplicación de calor y mezclar 108 el caucho calentado en la extrusora 14;
- curar parcialmente 110 el caucho en bruto R calentado dentro de la extrusora 14;
- 10 • calentar 112 la cama de impresión 16;
- conformar 114 una primera capa 76a de caucho parcialmente curado r extruyendo 116 caucho parcialmente curado r por la boquilla 50 de la extrusora 14 y depositando 118 el caucho extruido parcialmente curado r (directa o indirectamente) sobre la cama de impresión 16 mientras se mueve 120 la extrusora 14 y la cama de impresión 16 una con respecto a otra en una dirección preestablecida 78;
- 15 • imprimir 122 capas subsiguientes 76b, 76c, ... 76n de caucho parcialmente curado r extruyendo 116 más caucho parcialmente curado r por la boquilla 50 y depositando 118 el caucho extruido encima de la respectiva capa inmediatamente anterior 76a, 76b, 76c, ..., 76n de caucho al mover la boquilla 46 y la cama de impresión 16 una con respecto a la otra a una distancia preestablecida 80, donde la distancia 80 es tal que el caucho recién extruido se aplasta mecánicamente en la respectiva capa inmediatamente anterior 76 de caucho;
- 20 • seguir curando 124 cada una de las capas de caucho 76a, 76b, 76c, ..., 76n una vez depositadas sobre la cama de impresión a un estado de curado deseado, es decir, preestablecido, del cuerpo de caucho impreso en 3D 12 sobre la cama de impresión 16.

Dicho método de impresión 3D permite construir capa a capa piezas de caucho 12 sin cavidades que muestran características mecánicas, en particular una resistencia mecánica, y una precisión dimensional comparables a las de una pieza de caucho moldeada por inyección correspondiente. El caucho puede ser, por ejemplo, cualquier caucho basado en nitrilo (NBR/HNBR) conocido por un experto en la materia u otros tipos de caucho, como, por ejemplo, un fluorocaucho (FKM), un caucho de monómero de etileno propileno dieno (EPDM), un caucho de copolímero de acrilato de alquilo (ACM) o un caucho acrílico de etileno (AEM).

El método puede comprender además hacer avanzar 126 la extrusora 14 hacia la cama de impresión 16 (en la dirección del eje Z), al final de la impresión de cada capa 76 sobre la cama de impresión 16. El paso 126 se realiza ventajosamente antes de interrumpir o justo cuando se interrumpe 128 la extrusión 116 del caucho parcialmente curado r y antes de hacer retroceder 130 la extrusora 14 alejándola (en la dirección del eje Z) de la cama de impresión 16 para ponerla en posición para la impresión de la siguiente capa 76b, 76c, ..., 76n. De este modo, se puede evitar una deformación no deseada de la capa recién depositada y/o de la respectiva capa inmediatamente anterior de caucho parcialmente curado r. Más importante aún, se puede evitar una dehiscencia no deseada de la capa recién depositada 76a, 76b, 76c, 76n de caucho parcialmente curado de la cama de impresión 16 o de la respectiva capa inmediatamente anterior 76a, 76b, 76c, ..., 76n de caucho parcialmente curado r al mover la extrusora 16 alejándola de la cama de impresión 16.

Además, el método de impresión 3D 100 puede comprender el paso de crear 132 una estructura de soporte 88 por impresión 3D 134 de un material termoplástico o un termoestable directa o indirectamente sobre la cama de impresión y de endurecerla 136. Esto permite una amplia gama geométrica de piezas de caucho 12 elastoméricamente deformables imprimibles en 3D. Cabe destacar que el paso 132 se puede realizar antes y/o después del paso 114.

REIVINDICACIONES

1. Un método (100) de impresión 3D de una pieza de caucho (12) elásticamente deformable usando un sistema de impresora 3D (10) que comprende:

- 5 - una extrusora (14) que tiene una carcasa (20) con una abertura de entrada (36) y una boquilla (50), comprendiendo la extrusora (14) primeros medios de calentamiento (32) para calentar caucho en bruto (R) alimentado a la extrusora (14);
- una cama de impresión (16) con segundos medios de calentamiento (62);
- medios de impulsión (18) para mover la extrusora (14) y la cama de impresión (16) una con respecto a otra; y
- 10 - un control electrónico (38) para la extrusora (14) y los segundos medios de calentamiento (62) de la cama de impresión (16), donde el control electrónico (38) está adaptado para controlar la extrusora (14) y los primeros medios de calentamiento (32) de tal manera que el caucho se cura parcialmente dentro de la extrusora, donde dicho caucho parcialmente curado (r) se extruye por la boquilla (50) y se deposita sobre la cama de impresión (16) y de tal manera que el caucho parcialmente curado (r) depositado sobre la cama de impresión (16) se sigue curando durante la impresión y después de que se haya impreso la pieza de caucho (90).

comprendiendo el método los siguientes pasos:

- proporcionar (102) caucho en bruto sin curar (R) en forma de tiras, gránulos o similares;
- alimentar (104) el caucho en bruto sin curar (R) a la extrusora 14 a través de la abertura de entrada (36);
- 20 • calentar (106) el caucho en bruto sin curar (R) dentro de la extrusora (14) mediante aplicación de calor y mezclar (108) el caucho calentado dentro de la extrusora 14;
- curar parcialmente (110) el caucho en bruto (R) calentado dentro de la extrusora 14;
- calentar (112) la cama de impresión (16);
- 25 • conformar (114) una primera capa (76a) de caucho parcialmente curado (r) extruyendo (116) caucho parcialmente curado (r) por la boquilla (50) de la extrusora (14) y depositando (118) el caucho extruido parcialmente curado (r) sobre la cama de impresión (16) mientras se mueven (120) la extrusora (14) y la cama de impresión (16) una con respecto a otra;
- imprimir (122) capas subsiguientes (76b, 76c, ..., 76n) de caucho parcialmente curado (r) extruyendo (116) más caucho parcialmente curado (r) por la boquilla (50) y depositando (118) el caucho extruido encima de la respectiva capa inmediatamente anterior (76a, 76b, 76c, ..., 76n) de caucho parcialmente curado (r) al mover la boquilla (50) y la cama de impresión (16) una con respecto a otra a una distancia preestablecida (80), donde la distancia (80) es tal que el caucho parcialmente curado (r) recién extruido se aplasta mecánicamente en la respectiva capa inmediatamente anterior (76a, 76b, 76c, ..., 76n) de caucho parcialmente curado (r);
- 30 • seguir curando (124) cada una de las capas de caucho (76a, 76b, 76c, ..., 76n) una vez depositadas sobre la cama de impresión y hasta que el cuerpo de caucho impreso en 3D 90 se cure al estado de curado deseado sobre la cama de impresión (16),

caracterizado por el paso adicional de hacer avanzar (126) la extrusora (14) hacia la cama de impresión (16) al final de la impresión de cada capa (76a, 76b, 76c, ..., 76n) sobre la cama de impresión (16).

40 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el avance (126) de la extrusora (14) se realiza justo antes de la interrupción o al interrumpir (128) la extrusión (116) del caucho parcialmente curado (r).

3. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado por el paso adicional de crear (132) una estructura de soporte (88) para cualquiera de las capas (76a, 76b, 76c, ..., 76n) del caucho sin curar (r) mediante la impresión y el endurecimiento de un material termoplástico o un termoestable sobre la cama de impresión (16).

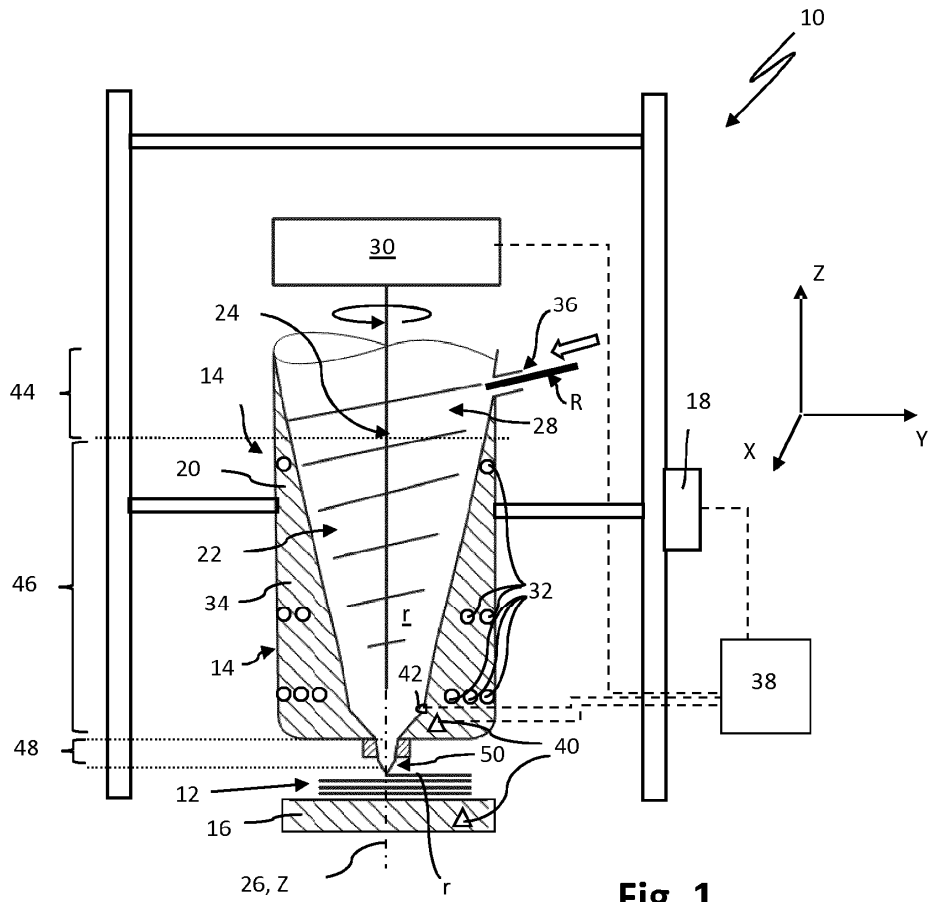


Fig. 1

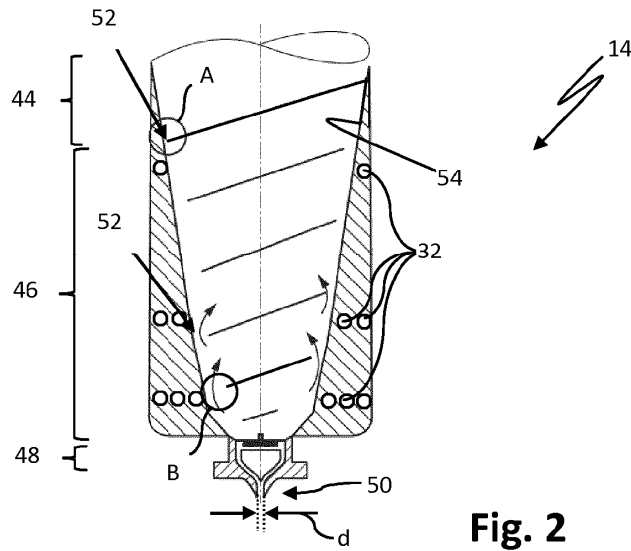


Fig. 2

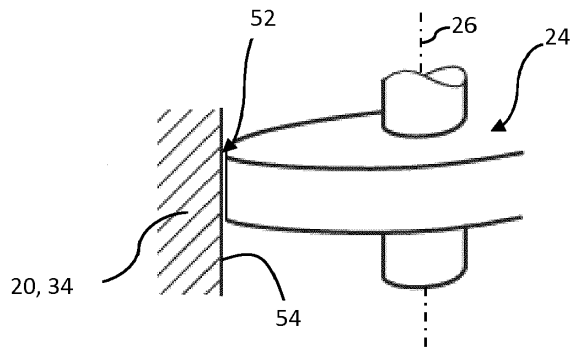


Fig. 3

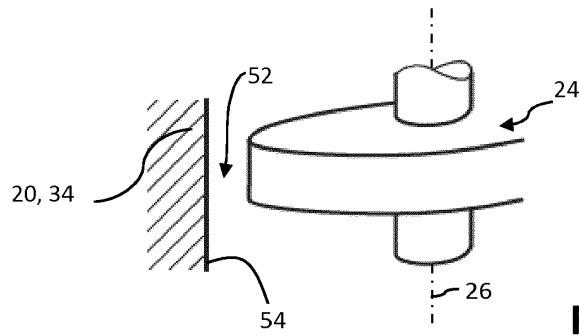


Fig. 4

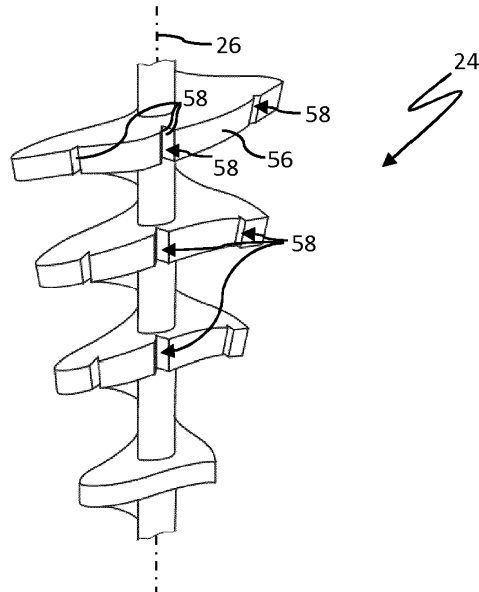


Fig. 5

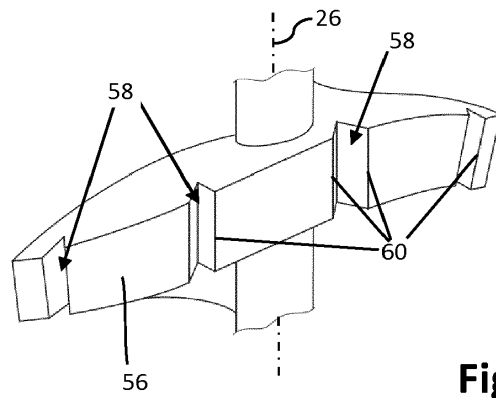


Fig. 6

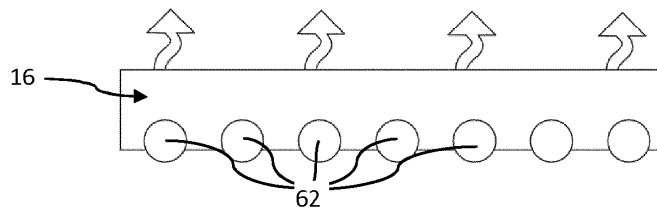


Fig. 7

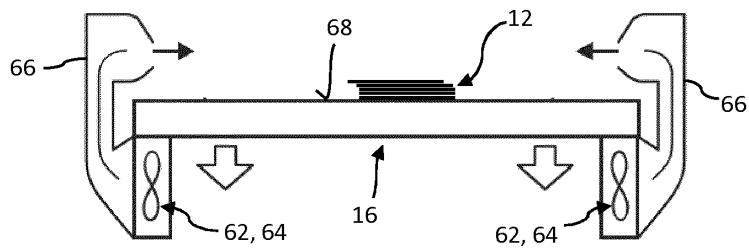


Fig. 8

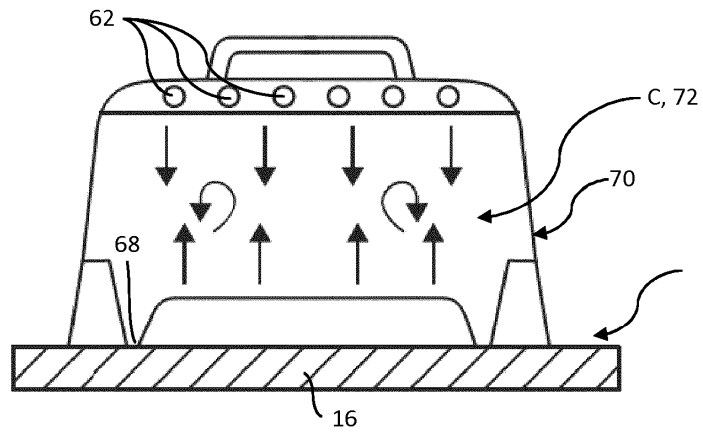


Fig. 9

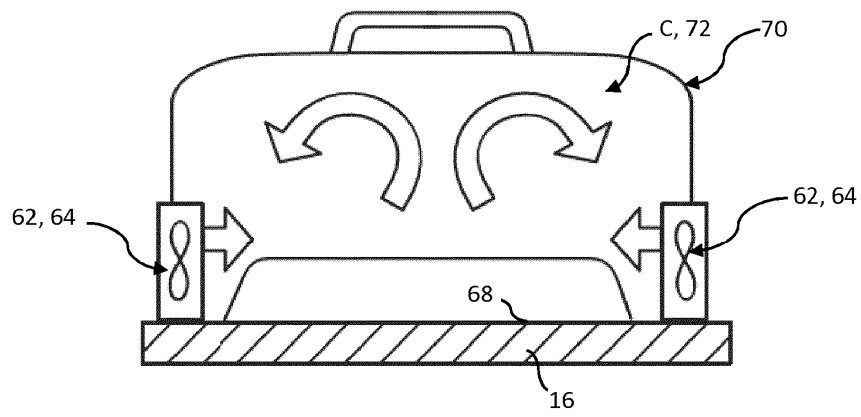


Fig. 10

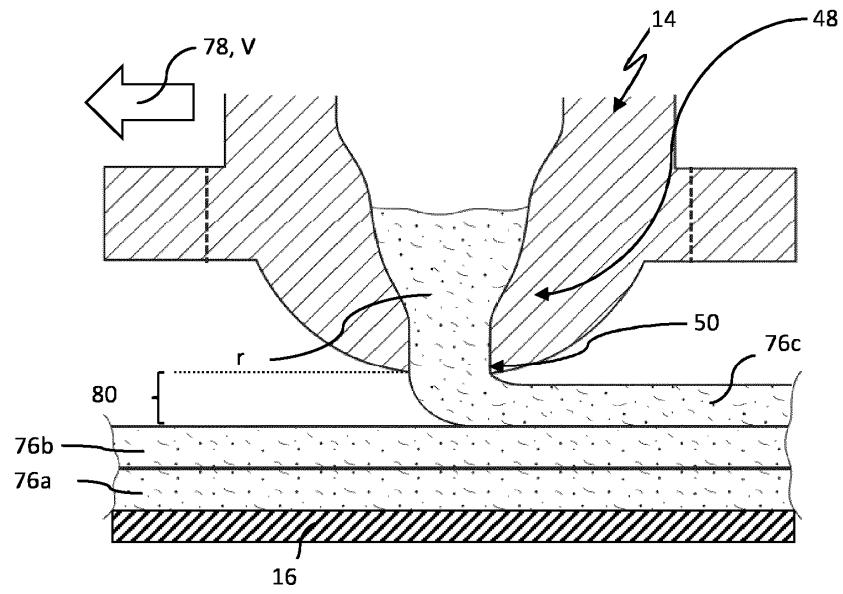


Fig. 11

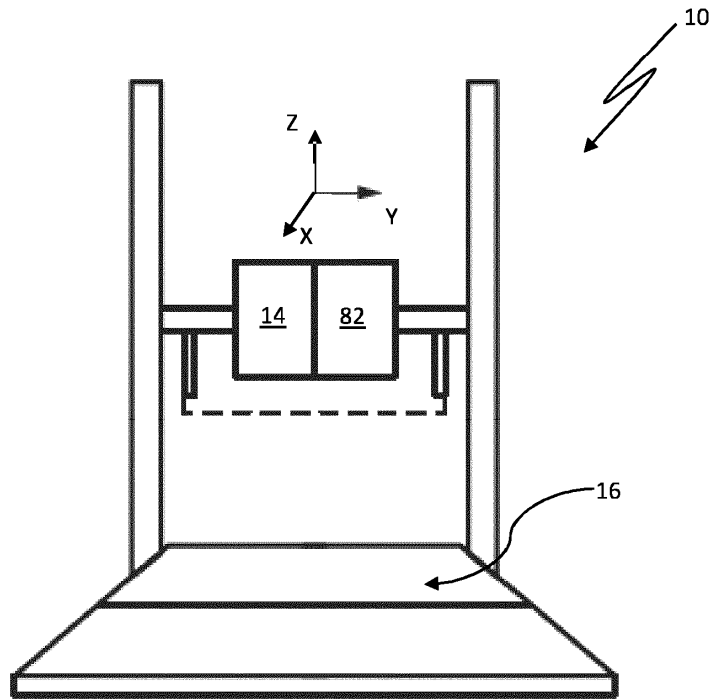


Fig. 12

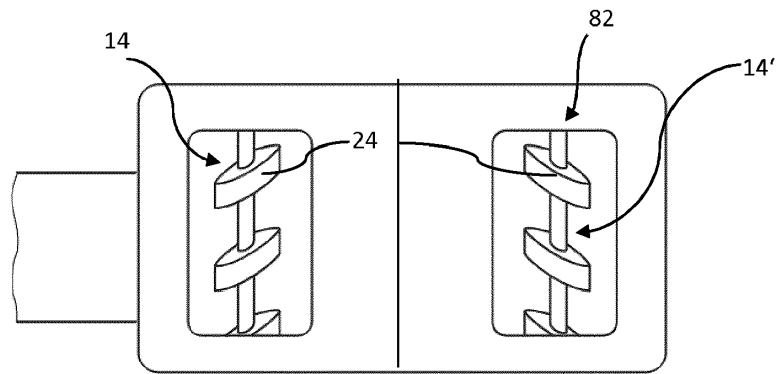


Fig. 13

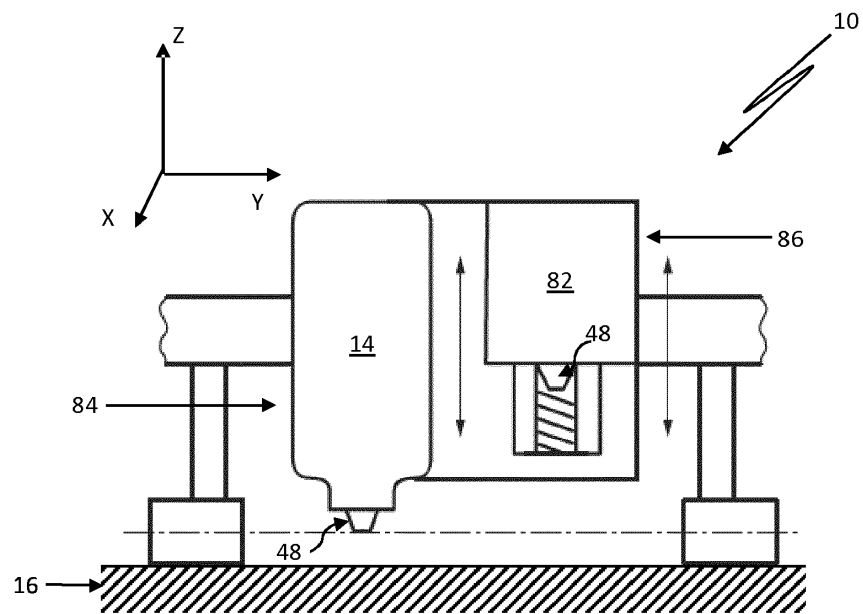


Fig. 14

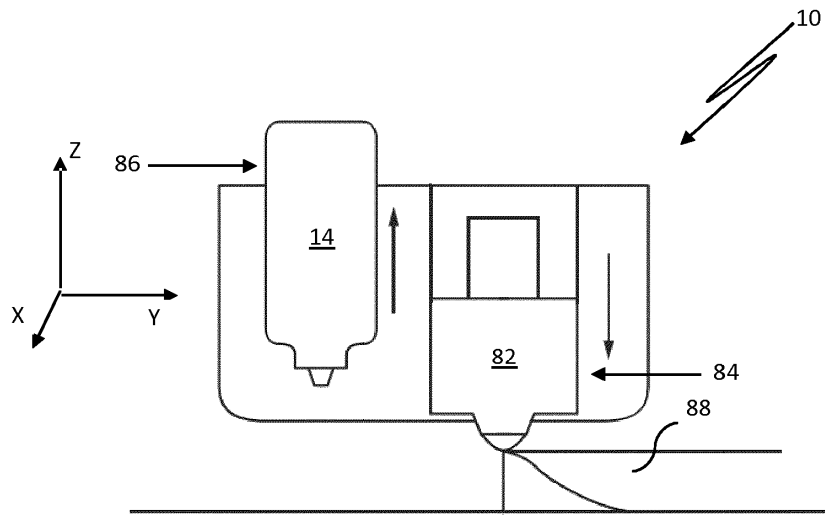


Fig. 15

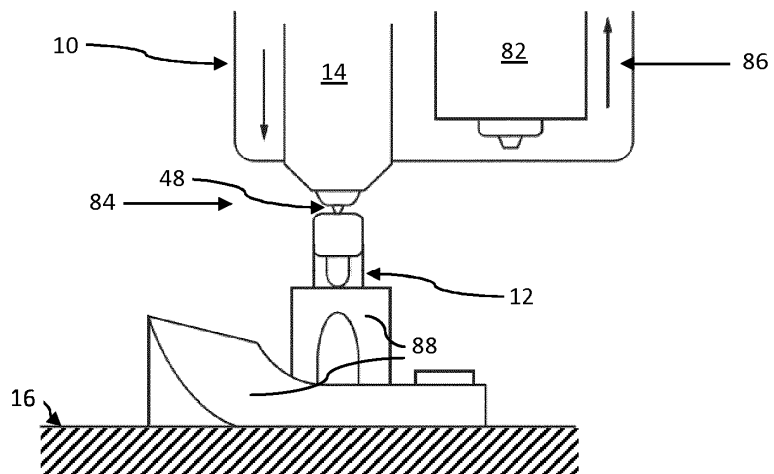


Fig. 16

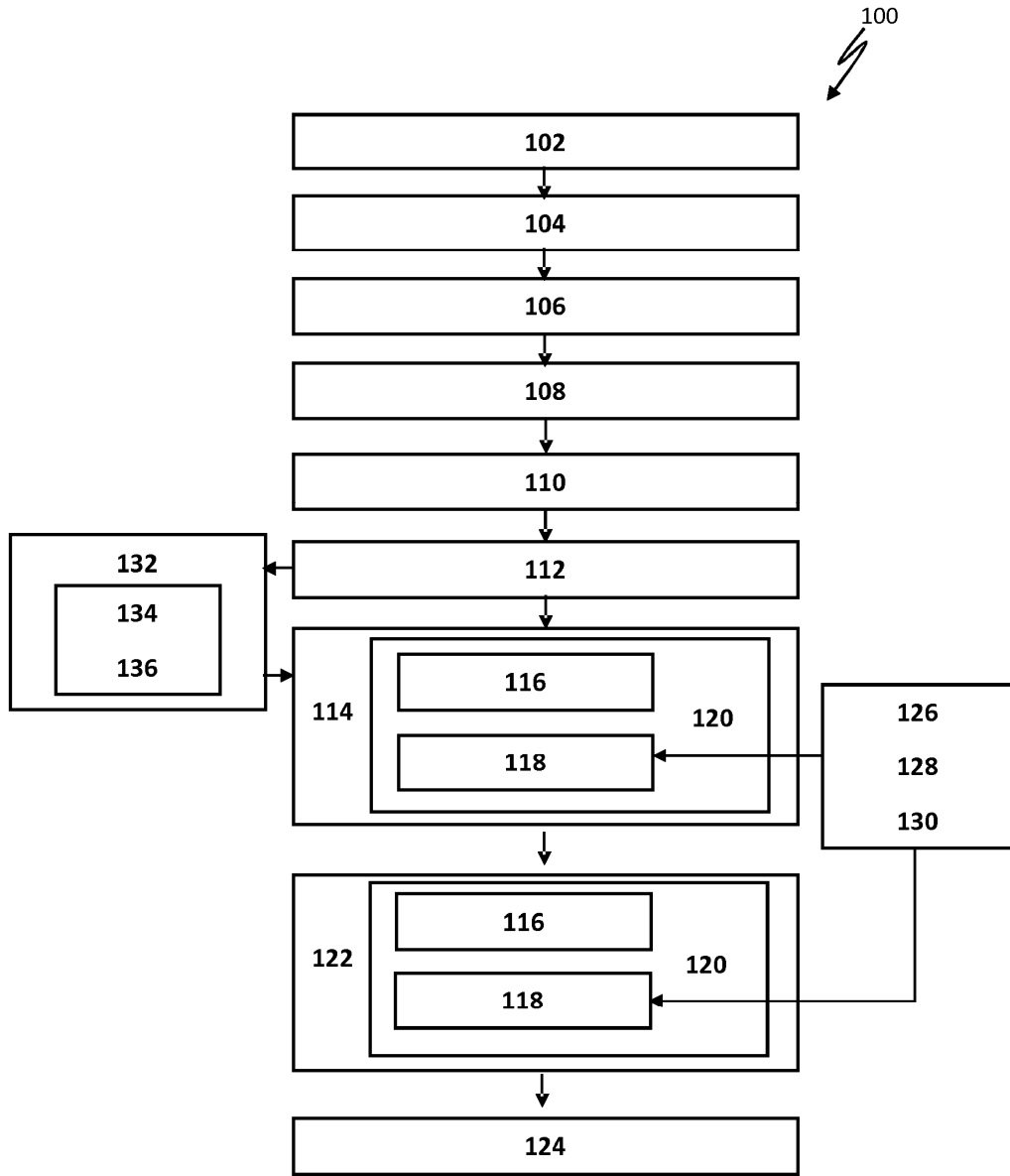


Fig. 17