

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 622 952**

51 Int. Cl.:

E21B 10/08 (2006.01)
E21B 10/50 (2006.01)
B22F 3/22 (2006.01)
B22F 5/00 (2006.01)
C22C 1/05 (2006.01)
C22C 29/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.12.2009 PCT/US2009/068407**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.07.2010 WO10075154**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2009 E 09835631 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.01.2017 EP 2379255**

54 Título: **Método de formación de cuerpos para herramientas barrenadoras de perforación terrestre que comprenden técnicas de moldeo y sinterización y cuerpos intermedios para herramientas de perforación terrestre formadas usando tal método**

30 Prioridad:

22.12.2008 US 341663

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.07.2017

73 Titular/es:

**BAKER HUGHES INCORPORATED (100.0%)
P. O. Box 4740
Houston, TX 77210-4740, US**

72 Inventor/es:

EASON, JIMMY, W.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 622 952 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 formación de cuerpos para herramientas barrenadoras de perforación terrestre que comprenden técnicas de moldeo y sinterización y cuerpos intermedios para herramientas de perforación terrestre formadas usando tal método.

5 Campo técnico

Las realizaciones de la presente invención se refieren, en general, a métodos de formación de cuerpos de herramientas para su uso en la formación de pozos de perforación en yacimientos terrestres subterráneos, y a estructuras formadas por tales métodos.

Antecedentes

10 Se forman pozos de perforación en yacimientos terrestres subterráneos para muchos fines incluyendo, por ejemplo, extracción de petróleo y gas y extracción de energía geotérmica. Muchas herramientas se usan en la formación y en la finalización de pozos de perforación en yacimientos terrestres subterráneos. Por ejemplo, las barrenas de perforación terrestre tales como barrenas de perforación rotatorias, incluyendo, por ejemplo, las así denominadas barrenas de perforación “de fresa fija”, las barrenas de perforación “de cono de rodillos” y las barrenas de perforación “de diamante impregnado” con frecuencia se usan para perforar un pozo de perforación en un yacimiento terrestre. Las barrenas de extracción de testigos o extractoras de testigos, las barrenas excéntricas y las barrenas de doble centro son tipos adicionales de barrenas de perforación rotatorias que se pueden usar en la formación y en la finalización de pozos de perforación. Se pueden usar otras herramientas de perforación terrestre para agrandar el diámetro de un pozo de perforación previamente perforado con una barrena de perforación. Tales herramientas incluyen, por ejemplo, los así denominados “escariadores” y “escariadores ensanchadores”. Se pueden usar otras herramientas en la finalización de pozos de perforación incluyendo, por ejemplo, herramientas de fresado o “fresadoras”, que se pueden usar para formar una abertura en una sección de tubería de revestimiento o revestida que se ha proporcionado dentro de un pozo de perforación previamente perforado. Tal como se usa en el presente documento, la expresión “herramientas de perforación terrestre” quiere decir e incluye cualquier herramienta que se pueda usar en la formación y en la finalización de un pozo de perforación en un yacimiento terrestre, incluyendo las herramientas mencionadas en lo que antecede.

Las herramientas de perforación terrestre se someten a fuerzas extremas durante su uso. Por ejemplo, las barrenas de perforación rotatorias de perforación terrestre se pueden someter a altas fuerzas longitudinales (el así denominado “peso sobre la barrena” (WOB, “*weight on bit*”), así como a altas fuerzas de torsión. Los materiales a partir de los cuales se fabrican las herramientas de perforación terrestre han de ser capaces de soportar tales fuerzas mecánicas. Además, las barrenas de perforación rotatorias de perforación terrestre se pueden someter a abrasión y erosión durante su uso. El término “abrasión” se refiere a un mecanismo de desgaste de tres cuerpos que incluye dos superficies de materiales sólidos que se deslizan más allá uno del otro con material de partículas sólidas entre los mismos, tal como se puede presentar cuando una superficie de una barrena de perforación se desliza más allá de una superficie adyacente de un yacimiento terrestre con detritos o material de partículas entre los mismos durante una operación de perforación. El término “erosión” se refiere a un mecanismo de desgaste de dos cuerpos que tiene lugar cuando el material de partículas sólidas, un fluido o un fluido que porta material de partículas sólidas choca sobre una superficie sólida, tal como se puede presentar cuando el fluido de perforación se bombea a través y alrededor de una barrena de perforación durante una operación de perforación. Los materiales a partir de los cuales se fabrican las barrenas de perforación terrestre también han de ser capaces de soportar las condiciones abrasivas y de erosión experimentadas dentro del pozo de perforación durante una operación de perforación.

Los requisitos de material para las herramientas de perforación terrestre son relativamente exigentes. Muchas herramientas de perforación terrestre se fabrican a partir de materiales compuestos que incluyen una fase dura discontinua que se dispersa a través de una fase de matriz continua. La fase dura se puede formar usando partículas duras, y, como resultado, con frecuencia se hace referencia a los materiales de composición como “materiales compuestos de matriz de partículas”. La fase dura de tales materiales compuestos puede comprender, por ejemplo, diamante, carburo de boro, nitruro de boro, nitruro de aluminio, nitruro de silicio, y carburos o boruros de W, Ti, Mo, Nb, V, Hf, Zr, Si, Ta y Cr. El material de matriz de tales materiales compuestos puede comprender, por ejemplo, aleaciones a base de cobre, aleaciones a base de hierro, aleaciones a base de níquel, aleaciones a base de cobalto, aleaciones a base de titanio y aleaciones a base de aluminio. Tal como se usa en el presente documento, la expresión “aleación a base de [metal]” (en la que [metal] es un metal) quiere decir [metal] comercialmente puro además de aleaciones de metal en las que el porcentaje en peso del [metal] en la aleación es más grande o igual que el porcentaje en peso de todos los otros componentes de la aleación de forma individual.

Los cuerpos de las herramientas de perforación terrestre pueden ser unas estructuras relativamente grandes que pueden tener unos requisitos de tolerancia dimensional relativamente ajustados. Como resultado, los métodos que se usan para fabricar tales cuerpos de herramientas de perforación terrestre han de ser capaces de producir unas estructuras relativamente grandes que cumplan con los requisitos de tolerancia dimensional relativamente ajustados.

Debido a que los materiales a partir de los cuales se pueden fabricar las herramientas de perforación terrestre han de ser resistentes a la abrasión y a la erosión, los materiales no se pueden mecanizar fácilmente usando técnicas de torneado, rectificación y perforación convencionales. Por lo tanto, el número de técnicas de fabricación que se pueden usar para fabricar con éxito tales cuerpos de herramientas de perforación terrestre está limitado. Además, puede ser difícil o imposible formar un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre a partir de ciertos materiales compuestos usando ciertas técnicas. Por ejemplo, puede ser difícil fabricar cuerpos de barrenas para barrenas de perforación rotatorias de perforación terrestre que comprenden ciertas composiciones de materiales compuestos de matriz de partículas usando técnicas de fabricación de infiltración convencionales, en las que un lecho de partículas duras se infiltra con material de matriz fundida, la cual se deja enfriar y solidificar subsiguientemente.

Como un resultado de estas y otras limitaciones de los materiales y limitaciones de las técnicas de fabricación, las herramientas de perforación terrestre se pueden fabricar usando materiales que no son óptimos o se pueden fabricar usando técnicas que no son económicamente factibles para una producción a gran escala.

El documento GB 2 365 025 A divulga piezas insertadas de barrenas para roca que tienen un revestimiento resistente al desgaste que se forma al realizar una mezcla modelable de uno o más polvos que están seleccionados de entre cermets, carburos, boruros, nitruros, carbonitruros y metales refractarios con un agente de aplicación (por ejemplo, un aglutinante de polímero), modelar y aplicar la mezcla sobre una superficie de la pieza insertada y sinterizar la mezcla mediante la presurización de la misma a una temperatura elevada. La sinterización se realiza a unas presiones en el intervalo de 69 a 120 MPa y a unas temperaturas en el intervalo de 1000 - 1500 °C. El aglutinante de polímero puede ser una mezcla de polipropileno, cera de parafina y ácido esteárico. A continuación, la mezcla resultante se granula para dar unos gránulos que tienen un tamaño de partícula deseado, y los gránulos se cargan en una máquina de moldeo por inyección que se opera a aproximadamente 150 °C. El moldeo por inyección se lleva a cabo en unas condiciones de baja presión, por ejemplo, a menos de aproximadamente 50 MPa, o en unas condiciones de alta presión, a más de aproximadamente 50 MPa. Los gránulos se conforman en un molde, después de lo cual la parte en verde se consolida y se sinteriza mediante un proceso de alta temperatura / alta presión.

A la vista de lo anterior, el objeto de la invención es la provisión de nuevas técnicas de fabricación que se puedan usar para fabricar herramientas de perforación terrestre dentro de unas tolerancias dimensionales deseables, y que también se puedan usar para fabricar herramientas de perforación terrestre que comprendan unos materiales que muestren una resistencia al desgaste y una resistencia a la erosión relativamente elevadas.

El presente objeto se logra por medio de un método que comprende las características de la reivindicación 1. En las reivindicaciones 2 a 16 se reivindican formas preferidas de llevar a cabo el método de la invención.

En la reivindicación 17 se reivindica una estructura intermedia correspondiente.

Divulgación de la invención

En algunas realizaciones, la presente invención incluye métodos para fabricar cuerpos de herramientas de perforación terrestre en los que una mezcla de polvo se inyecta de forma mecánica en una cavidad de molde para formar un cuerpo en verde, y el cuerpo en verde se sinteriza para formar al menos una porción de un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre. La mezcla de polvo se puede formar mediante el mezclado de partículas duras, partículas de matriz que comprenden un material de matriz de metal y un material orgánico. A medida que la mezcla de polvo se inyecta en la cavidad de molde, se puede aplicar presión a la mezcla de polvo para formar un cuerpo en verde, el cual se puede sinterizar para formar al menos una porción de un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre. Tal como se usa en el presente documento, el término "cuerpo" es inclusivo y no exclusivo, y contempla varios componentes de herramientas de perforación terrestre diferentes de, y además de, un "cuerpo" de herramienta en sí.

En algunas realizaciones adicionales de la presente invención, los cuerpos de barrenas de perforación rotatorias de perforación terrestre se fabrican por moldeo por inyección de un cuerpo de barrena en verde que comprende una pluralidad de partículas duras, una pluralidad de partículas de matriz que comprenden un material de matriz de metal y un material orgánico, y los cuerpos de barrena en verde se sinterizan para formar un cuerpo de barrena, al menos sustancialmente, completamente denso de una barrena de perforación rotatoria de perforación terrestre.

Algunas realizaciones adicionales de la presente invención incluyen unas estructuras formadas a través de tales métodos. Por ejemplo, algunas realizaciones de la presente invención también incluyen unas estructuras intermedias formadas durante la fabricación de un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre. Las estructuras intermedias comprenden un cuerpo en verde que tiene una forma que se corresponde con un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre. El cuerpo en verde incluye una pluralidad de partículas duras, una pluralidad de partículas de matriz que comprenden un material de matriz de metal y un material orgánico que incluye un derivado de ácido graso de cadena larga.

Breve descripción de los dibujos

5 A pesar de que la memoria descriptiva concluye con unas reivindicaciones que señalan en concreto y que reivindicán con claridad lo que se considera como la presente invención, las ventajas de la presente invención se pueden establecer más fácilmente a partir de la descripción de la invención cuando se lea junto con los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista en perspectiva de una realización de una barrena de perforación rotatoria de perforación terrestre que incluye un cuerpo de barrena que se puede formar de acuerdo con algunas realizaciones de los métodos de la presente invención;

10 la figura 2 es una ilustración esquemática que se usa para describir realizaciones de los métodos de la presente invención en los que se usa un proceso de moldeo por inyección para formar un cuerpo en verde que se puede sinterizar para formar un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre;

la figura 3 es una ilustración esquemática que se usa para describir realizaciones de los métodos de la presente invención en los que se usa un proceso de moldeo por transferencia para formar un cuerpo en verde que se puede sinterizar para formar un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre;

15 la figura 4 es una ilustración simplificada de un cuerpo en verde de una herramienta de perforación terrestre que se puede formar usando realizaciones de los métodos de la presente invención;

la figura 5 es una ilustración simplificada de un cuerpo en marrón de una herramienta de perforación terrestre que se puede formar al sinterizar parcialmente el cuerpo en verde que se muestra en la figura 4; y

20 la figura 6 es una ilustración simplificada de otro cuerpo en marrón de una herramienta de perforación terrestre que se puede formar al mecanizar el cuerpo en marrón que se muestra en la figura 5.

Modo o modos para llevar a cabo la invención

25 Las ilustraciones que se presentan en el presente documento no tienen por objeto ser vistas reales de material, aparato, sistema o método particular alguno, sino que son meramente representaciones idealizadas que se emplean para describir la presente invención. Adicionalmente, los elementos comunes entre figuras pueden conservar la misma designación numérica.

30 Algunas realizaciones de la presente invención incluyen métodos para formar un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre tal como, por ejemplo, un cuerpo de barrena de una barrena de perforación rotatoria de perforación terrestre. La figura 1 es una vista en perspectiva de una barrena de perforación rotatoria de perforación terrestre 10 que incluye un cuerpo de barrena 12 que se puede formar usando realizaciones de los métodos de la presente invención. El cuerpo de barrena 12 se puede asegurar a una espiga 14 que tiene una porción de conexión roscada 16 (por ejemplo, una porción de conexión roscada del Instituto Americano del Petróleo (API, *American Petroleum Institute*) para conectar la barrena de perforación 10 a una sarta de perforación (que no se muestra). En algunas realizaciones, tales como la que se muestra en la figura. 1, el cuerpo de barrena 12 se puede asegurar a la espiga 14 usando una extensión 18. En otras realizaciones, el cuerpo de barrena 12 se puede asegurar directamente a la espiga 14. Algunos métodos y estructuras que se pueden usar para asegurar el cuerpo de barrena 12 a la espiga 14 se describen, por ejemplo, en la solicitud de patente de EE. UU. pendiente con n.º de serie 11/271.153, que fue presentada el 10 de noviembre de 2005, y en la solicitud de patente de EE. UU. pendiente con n.º de serie 11/272.439 que también fue presentada el 10 de noviembre de 2005, ambas de las cuales están asignadas al cesionario de la presente invención.

40 El cuerpo de barrena 12 puede incluir pasajes de fluido internos (que no se muestran) que se extienden entre la cara 13 del cuerpo de barrena 12 y un diámetro interior longitudinal (que no se muestra), el cual se extiende a través de la espiga 14, la extensión 18 y parcialmente a través del cuerpo de barrena 12. También se pueden proporcionar unas piezas insertadas de tobera 24 en la cara 13 del cuerpo de barrena 12 dentro de los pasajes de fluido internos. El cuerpo de barrena 12 puede incluir además una pluralidad de cuchillas 26 que están separadas por unas ranuras para desperdicios 28. En algunas realizaciones, el cuerpo de barrena 12 puede incluir unos obturadores de desgaste de calibre 32 y unos nódulos de desgaste 38. Una pluralidad de elementos de corte 20 (que pueden incluir, por ejemplo, elementos de corte de PDC) se puede montar en la cara 13 del cuerpo de barrena 12 en unas cavidades de elemento de corte 22 que están ubicadas a lo largo de cada una de las cuchillas 26. El cuerpo de barrena 12 de la barrena de perforación rotatoria de perforación terrestre 10 que se muestra en la figura 1 puede comprender un material compuesto de matriz de partículas que incluye partículas duras (una fase discontinua) dispersadas dentro de un material de matriz metálica (una fase continua).

En términos generales, los métodos comprenden inyectar una mezcla de polvo en una cavidad dentro de un molde

para formar un cuerpo en verde, y el cuerpo en verde se puede sinterizar entonces hasta una densidad final deseada para formar un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre. Se hace referencia con frecuencia en la técnica a tales procesos como procesos de moldeo por inyección de metal (MIM, *metal injection molding*) o de moldeo por inyección de polvo (PIM, *powder injection molding*). La mezcla de polvo se puede inyectar de forma mecánica en la cavidad de molde usando, por ejemplo, un proceso de moldeo por inyección o un proceso de moldeo por transferencia. Para formar una mezcla de polvo para su uso en algunas realizaciones de los métodos de la presente invención, una pluralidad de partículas duras se puede mezclar con una pluralidad de partículas de matriz que comprenden un material de matriz de metal. También se puede incluir un material orgánico en la mezcla de polvo. El material orgánico puede comprender un material que actúa como lubricante para ayudar a la compactación de partículas durante un proceso de moldeo.

Las partículas duras de la mezcla de polvo pueden comprender diamante, o pueden comprender materiales de cerámica tales como carburos, nitruros, óxidos y boruros (incluyendo carburo de boro (B_4C)). De manera más específica, las partículas duras pueden comprender carburos y boruros formados de elementos tales como W, Ti, Mo, Nb, V, Hf, Ta, Cr, Zr, Al y Si. A modo de ejemplo y no de limitación, materiales que se pueden usar para formar partículas duras incluyen carburo de tungsteno, carburo de titanio (TiC), carburo de tántalo (TaC), diboruro de titanio (TiB_2), carburo de cromo, nitruro de titanio (TiN), óxido de aluminio (Al_2O_3), nitruro de aluminio (AlN), nitruro de boro (BN), nitruro de silicio (Si_3N_4) y carburo de silicio (SiC). Además, se pueden usar combinaciones de diferentes partículas duras para adaptar las características y las propiedades físicas del material compuesto de matriz de partículas. Las partículas duras se pueden formar usando técnicas conocidas por los expertos en la materia. Muchos materiales adecuados para partículas duras se encuentran comercialmente disponibles y la formación del resto se encuentra dentro de la capacidad de un experto en la materia.

Las partículas de matriz de la mezcla de polvo pueden comprender, por ejemplo, aleaciones a base de cobalto, a base de hierro, a base de níquel, a base de aluminio, a base de cobre, a base de magnesio y a base de titanio. El material de matriz también se puede seleccionar de entre elementos comercialmente puros tales como cobalto, aluminio, cobre, magnesio, titanio, hierro y níquel. A modo de ejemplo y no de limitación, el material de matriz puede incluir acero al carbono, acero de aleación, acero inoxidable, acero para herramientas, acero de manganeso de tipo Hadfield, níquel o material de súper aleación de cobalto, y aleaciones a base de hierro o de níquel de baja dilatación térmica tales como INVAR®. Tal como se usa en el presente documento, la expresión "súper aleación" se refiere a aleaciones, hierro, níquel y cobalto que tienen al menos un 12 % de cromo en peso. Las aleaciones ejemplares adicionales que se pueden usar como material de matriz incluyen aceros austeníticos, súper aleaciones a base de níquel tales como INCONEL® 625 M o Rene 95, y aleaciones tipo INVAR® que tienen un coeficiente de dilatación térmica que concuerda estrechamente con el de las partículas duras que se usan en el material compuesto de matriz de partículas particular. Hacer que el coeficiente de dilatación térmica del material de matriz concuerde más estrechamente con el de las partículas duras, ofrece ventajas tales como la reducción de los problemas asociados con las tensiones residuales y la fatiga térmica. Otro ejemplo de un material de matriz es un acero de manganeso austenítico de tipo Hadfield (Fe con aproximadamente un 12 % de Mn en peso y un 1,1 % de C en peso).

En algunas realizaciones de la presente invención, las partículas duras y las partículas de matriz de la mezcla de polvo pueden tener una distribución de tamaño de partícula multi-modal. Por ejemplo, la mezcla de polvo puede estar compuesta por un primer grupo de partículas que tienen un primer tamaño de partícula promedio, un segundo grupo de partículas que tienen un segundo tamaño de partícula promedio aproximadamente siete veces más grande que el primer tamaño de partícula promedio, y un tercer grupo de partículas que tienen un tamaño de partícula promedio aproximadamente treinta y cinco más grande que el primer tamaño de partícula promedio. Cada grupo puede comprender tanto partículas duras como partículas de matriz, o uno o más de los grupos pueden estar compuestos al menos sustancialmente por partículas duras o partículas de matriz. Al formar la mezcla de polvo para tener una distribución de tamaño de partícula multi-modal, puede ser posible aumentar la densidad de compactación de la mezcla de polvo dentro de un molde.

Adicionalmente, en algunas realizaciones de la presente invención, las partículas duras y las partículas de matriz pueden ser al menos generalmente esféricas. Por ejemplo, las partículas duras y las partículas de matriz de la mezcla de polvo pueden tener una forma generalmente esférica que tiene una esfericidad promedio (Ψ) de 0,6 o más en la que la esfericidad (Ψ) se define por la ecuación:

$$\Psi = D_l / D_c,$$

en la que D_c es el círculo más pequeño capaz de circunscribir una sección transversal de la partícula que se extiende a través de o cerca del centro de la partícula, y D_l es el círculo más grande que se puede inscribir en una sección transversal de la partícula que se extiende a través de o cerca del centro de la partícula. En algunas realizaciones adicionales, las partículas duras y las partículas de matriz de la mezcla de polvo pueden tener una forma al menos sustancialmente esférica y pueden tener una esfericidad promedio (Ψ) de 0,9 o más grande. Aumentar la esfericidad de las partículas en la mezcla de polvo puede reducir la fricción entre partículas a medida que la mezcla de polvo se inyecta de forma mecánica en un molde bajo presión, lo que puede permitir que se aumente la densidad de compactación de la mezcla de polvo dentro del molde. Además, una reducción de la fricción

entre partículas también puede permitir la obtención de una densidad de compactación relativamente más uniforme de la mezcla de polvo dentro del molde.

5 El material orgánico de la mezcla de polvo puede comprender uno o más aglutinantes para proporcionar lubricación durante el prensado y para proporcionar resistencia estructural al componente de polvo prensado, uno o más plastificantes para hacer el aglutinante más flexible y uno o más lubricantes o adyuvantes de compactación para reducir la fricción entre partículas. Las partículas duras y las partículas de matriz de la mezcla de polvo se pueden revestir con el material orgánico antes de usar la mezcla de polvo en un proceso de moldeo tal como se describe en lo sucesivo en el presente documento. El material orgánico puede comprender menos de aproximadamente un 5 % en peso de la mezcla de polvo.

10 El material orgánico en la mezcla de polvo 100 también puede comprender uno o más de un material de polímero termoplástico (tal como, por ejemplo, polietileno, poliestireno, polibutileno, polisulfona, nailon o acrílico), un material de polímero termoendurecido (tal como, por ejemplo, epoxi, polifenileno, o fenol formaldehído), una cera que tiene una temperatura de volatilización relativamente más alta (tal como, por ejemplo, cera de parafina) un derivado de ácido graso de cadena larga, y un aceite que tiene una temperatura de volatilización relativamente inferior (tal como, por ejemplo, aceite animal, vegetal o mineral). A modo de ejemplo y no de limitación, el material orgánico puede comprender, por ejemplo, una alquilenpoliamina tal como se describe en la patente de EE. UU. con n.º 5.527.624 a nombre de Higgins et al. Tales alquilenpoliaminas incluyen metilénpoliaminas, etilénpoliaminas, butilénpoliaminas, propilénpoliaminas, pentilénpoliaminas, etc. También se incluyen los homólogos superiores y aminas heterocíclicas relacionadas tales como piperazinas y piperazinas N-amino alquil sustituidas. Ejemplos específicos de tales poliaminas son la etilendiamina, la trietiléntetramina, la tris-(2-aminoetil)amina, la trimetilendiamina, la tripropiléntetramina, la tetraetilénpentamina, la hexaetilénheptamina, la pentaetilénhexamina, etc.

Una realización de un método de acuerdo con la presente invención, en la que un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre de fábrica usando un proceso de moldeo por inyección, se describe a continuación con referencia a la figura 2. Una mezcla de polvo 100 tal como se describe en lo que antecede se puede inyectar de forma mecánica en un molde 102 usando un proceso de moldeo por inyección para formar un cuerpo de barrena en verde, tal como el cuerpo de barrena en verde 300 que se muestra en la figura 4 y que se describe en detalle adicional a continuación en el presente documento. Tal como se muestra en la figura 2, la mezcla de polvo 100 se puede proporcionar dentro de una tolva 104. La mezcla de polvo 100 puede pasar desde la tolva 104 hacia un tambor 106 a través de una abertura en una pared exterior del tambor 106. Un husillo 112 dispuesto dentro del tambor 106 se puede trasladar en sentido longitudinal dentro del tambor 106 y también se puede hacer girar dentro del tambor 106 usando un motor 130 tal como por ejemplo un motor eléctrico, un motor hidráulico, un motor neumático, etc.

35 Durante un proceso de moldeo, un extremo delantero 118 del tambor 106 puede hacer contacto a tope contra una superficie del molde 102 de tal modo que una abertura de tobera 116 en el extremo delantero 118 del tambor 106 se comunica con una abertura en una pared exterior del molde 102. La abertura en la pared exterior del molde 102 lleva una cavidad de molde 126 dentro del molde 102 que tiene una forma que se corresponde con la forma de al menos una porción de un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre que se va a fabricar usando el proceso de moldeo. El husillo 112, el cual se puede encontrar inicialmente en una posición en sentido longitudinal hacia adelante dentro del tambor 106, se puede hacer girar dentro del tambor 106, lo cual da lugar a que las roscas 114 en el husillo 112 obliguen a la mezcla de polvo 100 dentro del tambor 106 a pasar en una dirección en sentido longitudinal hacia adelante en el mismo (hacia el molde 102), lo cual también da lugar a que el husillo 112 se deslice en una dirección hacia atrás (lejos del molde 102) dentro del tambor 106. Después de que se ha movido una cantidad seleccionada del material de polvo 100 hacia la parte frontal del husillo 112 dentro del tambor 106, la rotación del husillo 112 se puede detener y el husillo 112 se puede obligar a ir en la dirección en sentido longitudinal hacia adelante dentro del tambor 106, lo cual dará lugar a que la mezcla de polvo 100 en la parte frontal del husillo 112 dentro del tambor 106 pase a través de la abertura de tobera 116 en el extremo delantero 118 del tambor 106, a través de la abertura en la pared exterior del molde 102, y hacia la cavidad de molde 126. Cuando el husillo 112 continúa deslizándose en la dirección delantera dentro del tambor 106, la cavidad de molde 126 se llenará con la mezcla de polvo 100.

50 Cuando la cavidad de molde 126 se ha llenado completamente con partículas compactadas de forma relativamente suelta de la mezcla de polvo 100, el movimiento hacia adelante adicional del husillo 112 dará lugar a que la presión dentro de la cavidad de molde 126 se eleve a medida que las partículas adicionales de la mezcla de polvo 100 se ven obligadas a pasar a la cavidad de molde 126. La presión aumentada dentro de la cavidad de molde 126 puede dar lugar a que las partículas de la mezcla de polvo 100 se compacten adicionalmente hasta que se logra una densidad deseada de la mezcla de polvo 100 dentro de la cavidad de molde 126. A modo de ejemplo y no de limitación, el husillo 112 se puede trasladar en la dirección hacia adelante dentro del tambor 106 hasta que se aplica una presión de entre aproximadamente 10 libras por pulgada cuadrada (aproximadamente 0,07 megapascales) y aproximadamente 100 libras por pulgada cuadrada (0,7 megapascales) a la mezcla de polvo 100 dentro de la cavidad de molde 126.

En algunas realizaciones adicionales, la cavidad de molde 126 se puede colocar a vacío, y se puede dejar que el vacío en la misma extraiga una cantidad medida de la mezcla de polvo 100 hacia la cavidad de molde 126. Tal proceso puede reducir la presencia de espacios vacíos y otros defectos dentro del cuerpo de barrena en verde 300 con la finalización del proceso de moldeo. En tales realizaciones, la cantidad medida de la mezcla de polvo 100 se puede calentar a una temperatura elevada para fundir y/o reducir una viscosidad de cualquier material orgánico en la misma antes de permitir que el vacío extraiga la mezcla de polvo 100 a la cavidad de molde 126.

El molde 102 puede comprender dos o más componentes separables tales como por ejemplo, una primera mitad de molde 102A y una segunda mitad de molde 102B, tal como se muestra en la figura 2. Después del ciclo de moldeo, dos o más componentes separables se pueden separar para facilitar la retirada del cuerpo de barrena 300 (la figura 4) del molde 102.

En algunas realizaciones adicionales, el molde 102 puede comprender un material soluble en agua, tal como, por ejemplo, poli(alcohol vinílico) (PVA) o polietilen glicol. En tales realizaciones, el cuerpo de barrena en verde 300 (la figura 4) se puede retirar del molde 102 al disolver el molde 102 en agua u otro disolvente polar. Debido a que el cuerpo de barrena en verde 300 puede comprender un aditivo orgánico, el cuerpo de barrena en verde 300 puede ser hidrófobo, de tal modo que el cuerpo de barrena en verde 300 no se disolverá a medida que el molde 102 se disuelva del cuerpo de barrena en verde 300. En tales realizaciones, el molde 102 puede comprender una estructura monolítica sencilla, la cual se puede formar usando por ejemplo, un proceso de colada o un proceso de moldeo (por ejemplo, un proceso de moldeo por inyección) o el molde 102 puede comprender dos o más componentes separables.

El molde 102 puede comprender además unas piezas insertadas que se usan para definir unas cavidades internas o pasajes (por ejemplo, pasajes de fluido), tal como se conoce en la técnica.

Una realización de un método de acuerdo con la presente invención, en la que un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre se fabrica usando un proceso de moldeo por transferencia, se describe en lo sucesivo con referencia en la figura 3. Una mezcla de polvo 100 tal como se describe en lo que antecede, se puede inyectar de forma mecánica en un molde 202 usando un proceso de moldeo por transferencia para formar un cuerpo de barrena en verde, tal como el cuerpo de barrena en verde 300 que se muestra en la figura 4 y que se describe en detalle adicional en lo sucesivo en el presente documento. Tal como se muestra en la figura 3, una cantidad predeterminada de una mezcla de polvo 100 tal como se describe en lo que antecede se puede proporcionar dentro de una cubeta 206. Un pistón 212 se puede empujar a través de la cubeta 206 para obligar a la mezcla de polvo 100 a pasar hacia el molde 202. El pistón 212 se puede obligar a pasar a través de la cubeta 206 usando, por ejemplo, accionamiento mecánico, presión hidráulica o presión neumática.

Durante un proceso de moldeo, la cubeta 206 puede hacer contacto a tope contra una superficie del molde 202 de tal modo que una abertura 216 en la cubeta 206 se comunica con una abertura 222 en el molde 202. La abertura 222 en el molde 202 lleva una cavidad de molde 226 dentro del molde 202 que tiene una forma que se corresponde con la forma de al menos una porción de un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre que se va a fabricar usando el proceso de moldeo. El pistón 212 se puede obligar a pasar a través de la cubeta 206, lo cual obliga a que la cantidad predeterminada de la mezcla de polvo 100 dentro de la cubeta 206 pase a través de la abertura 216 en la cubeta 206, a través de la abertura 222 en el molde 202, y hacia la cavidad de molde 226. A medida que el pistón 212 continúa trasladándose a través de la cubeta 206, la cavidad de molde 226 se llenará con la mezcla de polvo 100. Cuando la cavidad de molde 226 se ha llenado completamente con partículas compactadas de forma relativamente suelta de la mezcla de polvo 100, la traslación adicional del pistón 212 dará lugar a que la presión dentro de la cavidad de molde 226 se eleve a medida que partículas adicionales de la mezcla de polvo 100 se ven obligadas a pasar hacia la cavidad de molde 226. La presión aumentada dentro de la cavidad de molde 226 puede dar lugar a que las partículas de la mezcla de polvo 100 se compacten adicionalmente hasta que se logra una densidad de compactación deseada de la mezcla de polvo 100 dentro de la cavidad de molde 226. A modo de ejemplo, y no de limitación, el pistón 212 se puede obligar a pasar en sentido longitudinal dentro de la cubeta 206 para lograr las presiones de compactación y las densidades de compactación (en la cavidad de molde 226) que se describieron previamente en relación con los métodos de moldeo por inyección con referencia a la figura 2.

El molde 202 puede comprender dos o más componentes separables, tales como por ejemplo, una primera mitad de molde 202A y una segunda mitad de molde 202B, tal como se muestra en la figura 3. Después del ciclo de moldeo, dos o más componentes separables se pueden separar para facilitar la retirada del cuerpo de barrena en verde 300 (la figura 4) del molde 202.

Tal como se conoce en la técnica, el molde 202 puede comprender uno o más orificios de purga que llevan desde la cavidad de molde 226 hasta el exterior del molde 202 para permitir que el aire inicialmente dentro de la cavidad de molde 226 escape de la cavidad de molde 226 a medida que la cavidad de molde 226 se llena con la mezcla de polvo 100 durante un ciclo de moldeo. A modo de ejemplo y no de limitación, tales orificios de purga se pueden proporcionar al formar una o más muescas en una o ambas de las superficies de contacto a tope opuestas de una primera mitad de molde 202A y una segunda mitad de molde 202B, de tal modo que, cuando la primera mitad de

molde 202A y la segunda mitad de molde 202B se ensamblen entre sí durante un ciclo de moldeo, el aire puede viajar fuera de la cavidad de molde 226 a través de una o más muescas a lo largo de la superficie de separación entre la primera mitad de molde 202A y la segunda mitad de molde 202B.

La figura 4 ilustra un cuerpo de barrena en verde 300 que se puede fabricar usando técnicas de moldeo (por ejemplo, técnicas de moldeo por inyección y técnicas de moldeo por transferencia), tales como las que se han descrito en lo que antecede con referencia a las figuras 2 y 3. Tal como se muestra en la figura 4, el cuerpo de barrena en verde 300 es un cuerpo no sinterizado formado a partir de, y que comprende, la mezcla de polvo 100. El cuerpo de barrena en verde 300 tiene una forma exterior que se corresponde con la del cuerpo de la herramienta de perforación terrestre que se va a fabricar. Por ejemplo, el cuerpo de barrena en verde 300 puede comprender una pluralidad de cuchillas y ranuras para desperdicios (similares a las cuchillas 26 y ranuras para desperdicios 28 que se muestran en la figura 1), y pueden comprender una cámara de sobrepresión o pasaje de fluido interno 301.

No obstante, se entiende que el cuerpo de barrena en verde 300 puede no tener una forma exterior idéntica a la del cuerpo de la herramienta de perforación terrestre que se va a fabricar, y el cuerpo de barrena en verde 300 se puede modificar mediante la adición o retirada de parte de la mezcla de polvo 100 del cuerpo de barrena en verde 300. Por ejemplo, algunas características se pueden formar en el cuerpo de barrena en verde 300 al mecanizar el cuerpo de barrena en verde 300 después del proceso de moldeo. Si la mezcla de polvo 100 que se usa en un ciclo de moldeo tiene una textura de tipo pasta, se puede aplicar material adicional de la mezcla de polvo 100 de forma manual a superficies del cuerpo de barrena en verde 300 usando herramientas de mano si es necesario o deseable obtener una geometría previamente definida para las diversas superficies del cuerpo de barrena en verde 300. Si la mezcla de polvo 100 que se usa en un ciclo de moldeo no tiene una textura de tipo pasta, se pueden aplicar materiales orgánicos tales como los que se han descrito en lo que antecede en el presente documento a una porción de la mezcla de polvo 100 para dar lugar a que esa porción tenga una textura de tipo pasta, y la porción se puede aplicar entonces a superficies del cuerpo de barrena 300 tal como se ha mencionado en lo que antecede.

Después de moldear el cuerpo de barrena en verde 300, el cuerpo de barrena en verde 300 se puede someter, de forma opcional, a un proceso de prensado para aumentar la densidad del cuerpo de barrena en verde 300, lo cual puede reducir o disminuir al mínimo el grado al cual el cuerpo de barrena en verde 300 se contrae con la sinterización, tal como se describe a continuación en el presente documento. A modo de ejemplo y no de limitación, el cuerpo de barrena en verde 300 se puede someter a una presión al menos sustancialmente isostática en un proceso de prensado isostático. A modo de ejemplo y no de limitación, el cuerpo de barrena en verde 300 se puede colocar en una bolsa deformable hermética a fluidos. En otras realizaciones, todas las superficies expuestas del cuerpo de barrena en verde 300 se pueden revestir con un revestimiento impermeable a fluidos deformable que comprende por ejemplo, un material de polímero termoplástico o un material de polímero termoendurecido. El cuerpo de barrena en verde 300 (dentro del revestimiento o bolsa deformable) se puede sumergir entonces dentro de un fluido en un recipiente de presión, y la presión del fluido se puede aumentar dentro del recipiente de presión para aplicar una presión al menos sustancialmente isostática al cuerpo de barrena en verde 300 en el mismo. La presión dentro del recipiente de presión durante el procesamiento isostático del cuerpo de barrena en verde 300 puede ser más grande que aproximadamente 35 megapascales (aproximadamente 5.000 libras por pulgada cuadrada). Más en concreto, la presión dentro del recipiente de presión durante el prensado isostática del cuerpo de barrena en verde puede ser más grande que aproximadamente 138 megapascales (20.000 libras por pulgada cuadrada).

A pesar de que puede ser preferible moldear el cuerpo de barrena en verde 300, de tal modo que el cuerpo de barrena en verde 300 no requiera mecanizado adicional antes de la sinterización, en algunas realizaciones, puede no ser viable o práctico moldear el cuerpo de barrena en verde 300 para dar una forma final deseada antes de la sinterización. De forma opcional, se pueden mecanizar ciertas características estructurales en el cuerpo de barrena en verde 300 usando técnicas de mecanizado convencionales incluyendo, por ejemplo, técnicas de torneado, técnicas de rectificación y técnicas de perforación. También se pueden usar herramientas de mano para, de forma manual, formar o conformar características en o sobre el cuerpo de barrena en verde 300. A modo de ejemplo y no de limitación, se pueden mecanizar, o formar de otro modo, cavidades para fresa en el cuerpo de barrena en verde 300 después del proceso de moldeo.

El cuerpo de barrena en verde 300 moldeado también se puede sinterizar al menos parcialmente para proporcionar un cuerpo de barrena en marrón 302 que se muestra en la figura 5, el cual tiene menos de una densidad final deseada. El cuerpo de barrena en marrón 302 puede comprender un material compuesto de matriz de partículas 303 poroso (que no es completamente denso) formado al sinterizar parcialmente la mezcla de polvo 100 del cuerpo de barrena en verde 300 (la figura 4). Antes de sinterizar parcialmente el cuerpo de barrena en verde 300, el cuerpo de barrena en verde 300 se puede someter a unas temperaturas y presiones moderadamente elevadas para eliminar por combustión o retirar cualesquiera aditivos que hayan escapado que se incluyeron en la mezcla de polvo 100, tal como se ha descrito en lo que antecede. Además, el cuerpo de barrena en verde 300 se puede someter a una atmósfera adecuada diseñada para ayudar a la retirada de tales aditivos. Tales atmósferas pueden incluir, por ejemplo, gas hidrógeno a unas temperaturas de aproximadamente 500 °C.

Puede ser práctico mecanizar el cuerpo de barrena en marrón 302 debido a la porosidad restante en el material compuesto de matriz de partículas 303. Ciertas características estructurales se pueden mecanizar en el cuerpo de barrena en marrón 302 usando técnicas de mecanizado convencionales incluyendo, por ejemplo, técnicas de torneado, técnicas de rectificación y técnicas de perforación. También se pueden usar herramientas de mano para, de forma manual, formar o conformar características en o sobre el cuerpo de barrena en marrón 302. Se pueden usar herramientas que incluyen revestimientos superduros o piezas insertadas para facilitar el mecanizado del cuerpo de barrena en marrón 302. Adicionalmente, se pueden aplicar revestimientos de material a superficies del cuerpo de barrena en marrón 302, que se mecanizarán para reducir el desbastado del cuerpo de barrena en marrón 302. Tales revestimientos pueden incluir un material de polímero de fijación o de otro tipo. A modo de ejemplo y no de limitación, las cavidades para fresa 304 se pueden mecanizar o formar de otro modo en el cuerpo de barrena en marrón 302 para formar el cuerpo de barrena en marrón modificado 302' que se muestra en la figura 6.

Después de realizar cualquier mecanizado deseable, el cuerpo de barrena en marrón 302 (o el cuerpo de barrena en marrón modificado 302') se puede sinterizar entonces completamente hasta una densidad final deseada para proporcionar el cuerpo de barrena de la barrena de perforación rotatoria de perforación terrestre que se está fabricando, tal como el cuerpo de barrena 12 de la barrena de perforación 10 que se muestra en la figura 1.

Debido a que la sinterización implica la densificación y la eliminación de porosidad dentro de una estructura, la estructura que se está sinterizando se contraerá durante el proceso de sinterización. Una estructura puede experimentar una contracción lineal de entre un 10 % y un 20 % durante la sinterización de un estado en verde hasta una densidad final deseada. Como resultado, la contracción dimensional se ha de considerar y explicar cuando se diseñan herramientas (moldes, troqueles, etc.), o se mecanizan características en estructuras que no están completamente sinterizadas.

La contracción dimensional de un cuerpo en verde o en marrón puede ser al menos parcialmente una función de la densidad del cuerpo en verde o en marrón antes de la sinterización del cuerpo en verde o en marrón hasta una densidad final deseada. El cuerpo en verde o en marrón que tiene una densidad relativamente mas baja (por ejemplo, mayor porosidad) puede mostrar una mayor cantidad de contracción con la sinterización en relación con un cuerpo en verde o en marrón que tiene una densidad relativamente más alta (por ejemplo, menor porosidad). De forma similar, las regiones dentro de un cuerpo en verde o en marrón que son relativamente menos densas se pueden contraer hasta un mayor grado que otras regiones dentro del cuerpo en verde o en marrón que son más densas tras la sinterización del cuerpo en verde o en marrón hasta una densidad final deseada.

Por lo tanto, con el fin de lograr una contracción predecible y al menos sustancialmente uniforme de un cuerpo de barrena en verde 300 a un cuerpo de barrena en marrón 302 con la sinterización hasta una densidad final deseada, puede ser deseable lograr, hasta el mayor grado posible, una densidad de compactación al menos sustancialmente uniforme de la mezcla de polvo 100 en el cuerpo de barrena en verde 300 tras el moldeo del cuerpo de barrena en verde 300. Además, puede ser deseable aumentar o incrementar al máximo la señal de compactación dentro del cuerpo de barrena en verde 300 para reducir o disminuir al mínimo la contracción del cuerpo de barrena en verde 300 que tiene lugar tras la sinterización del cuerpo de barrena en verde 300 hasta una densidad final deseada para formar el cuerpo de barrena 300 sinterizado (la figura 1).

En algunas realizaciones de la presente invención, la densidad de compactación por medio de la mezcla de polvo 100 dentro del cuerpo de barrena en verde 300 puede ser más grande que aproximadamente un ochenta por ciento (un 80 %) en volumen. Dicho de otra forma, el cuerpo de barrena en verde 300 puede tener una porosidad promedio de menos de un veinte por ciento (un 20 %) en volumen.

Debido a que los cuerpos de barrena de las barrenas de perforación rotatoria de perforación terrestre (tales como el cuerpo de barrena 12 de la barrena de perforación 10 que se muestra en la figura 1) pueden ser relativamente grandes y pueden tener unas geometrías de superficie relativamente complejas, de hecho puede ser difícil lograr una densidad de compactación uniforme de la mezcla de polvo 100 dentro de la cavidad de molde y, por lo tanto, dentro del cuerpo de barrena en verde 300 con el moldeo del cuerpo de barrena en verde 300 de la mezcla de polvo 100. Como resultado, durante los procesos de moldeo, el material orgánico de la mezcla de polvo 100 que se ha descrito en lo que antecede en el presente documento puede ser útil para reducir la fricción entre partículas a medida que la mezcla de polvo 100 se inyecta de forma mecánica en una cavidad, y obtener una densidad de compactación al menos sustancialmente uniforme de la mezcla de polvo 100 dentro de la cavidad de molde y, por lo tanto, dentro del cuerpo de barrena en verde 300.

En algunas realizaciones de la invención puede ser deseable, antes de un ciclo de moldeo, pre-compactar de forma manual parte de la mezcla de polvo 100 en ciertas regiones dentro de la cavidad de molde que puedan ser difíciles de llenar completamente y de compactar durante un ciclo de moldeo. Dicho de otra forma, si después de un ciclo de moldeo, la cavidad de molde no se llena completamente con la mezcla de polvo 100 (un fenómeno al que con frecuencia se hace referencia en la técnica como "corto") puede ser deseable, para los procesos de moldeo subsiguientes, pre-compactar de forma manual parte de la mezcla de polvo 100 en las regiones de la cavidad de molde que puedan no llenarse completamente durante el ciclo de moldeo. Pre-compactar ciertas áreas de la cavidad

de moldeo con la mezcla de polvo 100 puede facilitar el llenado completo de la cavidad de molde 100 con la mezcla de polvo y la obtención de una velocidad de compactación más uniforme durante el ciclo de moldeo.

5 Durante los procesos de sinterización completa y de polímero parcial, se pueden usar unas estructuras refractarias o desplazamientos (que no se muestran) para soportar al menos algunas porciones del cuerpo de barrena durante el proceso de sinterización para mantener las formas y dimensiones deseadas durante el proceso de densificación. Tales desplazamientos se pueden usar, por ejemplo, para mantener la consistencia en cuanto al tamaño y a la geometría de las cavidades para fresa y los pasajes de fluido interno durante el proceso de sinterización. Tales estructuras refractarias se pueden formar a partir de, por ejemplo, grafito, sílice o alúmina. El uso de desplazamientos de alúmina en lugar de desplazamiento de grafito puede ser deseable debido a que la alúmina puede ser relativamente menos reactiva que el grafito, reduciendo la difusión atómica durante la sinterización. Adicionalmente, se pueden aplicar revestimientos tales como alúmina, nitruro de boro, nitruro de aluminio u otros materiales comercialmente disponibles a las estructuras refractarias para evitar que se difundan átomos de carbono u otros en las estructuras refractarias en el cuerpo de barrena durante la densificación.

15 En otras realizaciones, el cuerpo de barrena en verde 300 (la figura 4) se puede sinterizar parcialmente para formar un cuerpo de barrena en marrón 302 (la figura 5) sin mecanizado previo, y todo el mecanizado necesario se puede realizar en el cuerpo de barrena en marrón 302 para formar un cuerpo de barrena en marrón modificado 302', antes de sinterizar completamente el cuerpo de barrena en marrón modificado 302' hasta una densidad final deseada. Como alternativa, todo el mecanizado necesario o deseado se puede realizar en el cuerpo de barrena en verde 300, el cual se puede sinterizar entonces completamente hasta una densidad final deseada.

20 Los procesos de sinterización que se describen en el presente documento pueden incluir una sinterización convencional en un horno de vacío, una sinterización en un horno de vacío seguido por un proceso de prensado isostático caliente convencional y una sinterización seguida inmediatamente por el prensado isostático a unas temperaturas cercanas a la temperatura de sinterización (al que con frecuencia se hace referencia como HIP de sinterización). Además, los procesos de sinterización que se describen en el presente documento pueden incluir una sinterización de fase sublíquida. Dicho de otra forma, los procesos de sinterización se pueden llevar a cabo a unas temperaturas cercanas pero por debajo de la línea de líquido del diagrama de fases para el material de matriz. Por ejemplo, los procesos de sinterización que se describen en el presente documento se pueden llevar a cabo usando un número de diferentes métodos conocidos por un experto en la materia tales como el proceso de Compactación Omnidireccional Rápida (ROC, *Rapid Omnidirectional Compaction*), el proceso CERACON™, un prensado isostático caliente (HIP, *hot isostatic pressing*) o adaptaciones de tales procesos.

35 En términos generales, y solo a modo de ejemplo, la sinterización de un polvo en verde compacto usando el proceso de ROC implica pre-sinterizar el polvo en verde compacto a una temperatura relativamente baja solo hasta un cierto grado para desarrollar una resistencia suficiente para permitir la manipulación del polvo compacto. La estructura en marrón resultante se envuelve en un material tal como una lámina de grafito para sellar la estructura en marrón. La estructura en marrón envuelta se coloca en un recipiente, el cual se llena con partículas en un material de cerámica, de polímero o de vidrio que tiene un punto de fusión sustancialmente más bajo que el del material de matriz en la estructura en marrón. El recipiente se calienta a la temperatura de sinterización deseada, la cual se encuentra por encima de la temperatura de fusión de las partículas de un material de cerámica, de polímero o de vidrio, pero por debajo de la temperatura líquida del material de matriz en la estructura en marrón. El recipiente caliente, con el material de cerámica, de polímero o de vidrio fundido (y la estructura en marrón inmersa en el mismo) se coloca en una prensa mecánica o hidráulica tal como una prensa de forjado, que se usa para aplicar presión al material de cerámica o de polímero fundido. Unas presiones isostáticas dentro del material de cerámica, de polímero o de vidrio fundido facilitan la consolidación y la sinterización de la estructura en marrón a unas temperaturas elevadas dentro del recipiente. El material de cerámica, de polímero o de vidrio fundido actúa para transmitir la presión y el calor a la estructura en marrón. De esta manera, el material de cerámica, de polímero o de vidrio fundido actúa como un medio de transmisión de presión a través de el cual se aplica una presión a la estructura durante la sinterización. Posteriormente a la liberación de presión y al enfriamiento, la estructura sinterizada se retira entonces del material de cerámica, de polímero o de vidrio. Una explicación más detallada del proceso de ROC y del equipo adecuado para la práctica del mismo es proporcionada por las patentes de EE. UU. con n.º 4.094.709, 4.233.720, 4.431.557, 4.526.748, 4.547.337, 4.562.990, 4.596.694, 4.597.730, 4.656.002, 4.744.943 y 5.232.522.

55 El proceso CERACON™, que es similar al proceso de ROC que se ha mencionado en lo que antecede, también se puede adaptar para su uso en la presente invención para sinterizar completamente las estructuras en marrón hasta una densidad final. En el proceso CERACON™, la estructura en marrón se reviste con un revestimiento de cerámica tal como alúmina, óxido de circonio u óxido de cromo. También se pueden usar otros revestimientos similares, duros, generalmente inertes, protectores y retirables. La estructura en marrón revestida se consolida completamente al transmitir una presión al menos sustancialmente isostática a la estructura en marrón revestida usando partículas de cerámica en lugar de un medio de fluido al igual que en el proceso de ROC. Una explicación más detallada del proceso CERACON™ es proporcionada por la patente de EE. UU. con n.º 4.499.048.

Además, en algunas realizaciones de la invención en las que se usa carburo de tungsteno en un cuerpo de barrena

compuesto de matriz de partículas, los procesos de sinterización que se describen en el presente documento también pueden incluir un ciclo de control de carbono adaptado para mejorar la estequiometría del material de carburo de tungsteno. A modo de ejemplo y no de limitación, si el material de carburo de tungsteno incluye WC, los procesos de sinterización que se describen en el presente documento pueden incluir someter el material de carburo de tungsteno a una mezcla gaseosa que incluye hidrógeno y metano a unas temperaturas elevadas. Por ejemplo, el material de carburo de tungsteno se puede someter a un flujo de gases que incluyen hidrógeno y metano a una temperatura de aproximadamente 1000 °C.

Después de la sinterización de un cuerpo de barrena en verde 300 o un cuerpo de barrena en marrón 302 hasta una densidad final deseada, los elementos de corte (tales como los elementos de corte 20 que se muestran en la figura 1), se pueden asegurar dentro de las cavidades para fresa 304 del cuerpo de barrena, por ejemplo al bronzesoldar los elementos de corte dentro de las cavidades para elemento de corte.

En algunas realizaciones adicionales de la presente invención, dos o más porciones de un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre se pueden moldear por separado tal como se ha descrito en lo que antecede en el presente documento para formar dos o más componentes en verde formados por separado. Entonces, los componentes en verde formados por separado se pueden ensamblar entre sí y sinterizar para unir los componentes en verde entre sí para formar un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre. En otras realizaciones, los componentes en verde formados por separado se pueden sinterizar parcialmente para formar dos o más componentes en marrón formados por separado y, entonces, los componentes en marrón formados por separado se pueden ensamblar entre sí y sinterizarse para unir los componentes en marrón entre sí para formar un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre. Como ejemplo no limitante, un cuerpo de barrena de una barrena de perforación rotatoria de perforación terrestre de fresa fija, como el cuerpo de barrena 12 de la barrena de perforación 10 que se muestra en la figura 1, se puede formar al formar por separado un componente de núcleo central en verde o en marrón y unas cuchillas en verde o en marrón (tales como las cuchillas 26 que se muestran en la figura 1) usando procesos de moldeo tal como se ha descrito en lo que antecede en el presente documento. Entonces, las cuchillas en verde o en marrón formadas por separado se pueden ensamblar entre sí con el núcleo central en verde o en marrón, y la estructura ensamblada se puede sinterizar para unir las cuchillas al núcleo central, formando de ese modo el cuerpo de barrena 12 de la barrena de perforación 10.

En tales realizaciones, el núcleo central se puede formar con una mezcla de polvo 100 que tiene una primera composición y las cuchillas se pueden formar a partir de una mezcla de polvo 100 que tiene una segunda composición diferente. Por ejemplo, el núcleo central se puede formar a partir de una mezcla de polvo 100 que tiene una composición que dará lugar a que el núcleo central muestre una tenacidad relativamente más alta en relación con las cuchillas, y las cuchillas se pueden formar a partir de una mezcla de polvo 100 que tiene una composición que dará lugar a que las cuchillas muestren una resistencia al desgaste relativamente más alta, una resistencia a la erosión relativamente más alta o tanto una resistencia al desgaste relativamente más alta como una resistencia a la erosión relativamente más alta en relación con el núcleo central.

A pesar de que algunas realizaciones de los métodos de la presente invención se han descrito en lo que antecede con referencia a cuerpos de barrena de barrenas de perforación rotatoria de perforación terrestre, los métodos de la presente invención se pueden usar para formar unos cuerpos de herramientas de perforación terrestre que no sean barrenas de perforación rotatoria de fresa fija incluyendo, por ejemplo, cuerpos de componente de barrenas de cono de rodillos (incluyendo cabezales de barrena, bases de barrena y conos de rodillos), barrenas impregnadas con diamante, barrenas de extracción de testigos, barrenas excéntricas, barrenas de doble centro, escariadores, fresadoras y otras herramientas y estructuras de este tipo que sean conocidas en la técnica.

A pesar de que la presente invención se ha descrito en el presente documento con respecto a ciertas realizaciones, los expertos en la materia reconocerán y apreciarán que la misma no está así limitada. De hecho, se pueden realizar muchas adiciones, supresiones y modificaciones a las realizaciones que se describen sin apartarse del alcance de la invención tal como se reivindica en lo sucesivo en el presente documento, incluyendo equivalentes legales. Además, se pueden combinar características de una realización con características de otra realización, mientras que sigan estando englobadas dentro del alcance de la invención según es contemplado por los inventores de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método de fabricación de un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre, que comprende:
- formar una mezcla de polvo mediante el mezclado de partículas duras, partículas de matriz que comprenden un material de matriz de metal y una alquilenpoliamina;
- 5 inyectar de forma mecánica la mezcla de polvo en una cavidad de molde que tiene una forma que se corresponde con al menos una porción de un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre;
- aplicar una presión de entre 0,07 MPa (10 psi) y 0,7 MPa (100 psi) a la mezcla de polvo dentro de la cavidad de molde para formar un cuerpo en verde; y
- 10 sinterizar el cuerpo en verde para formar al menos una porción de un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre.
2. El método de la reivindicación 1, en el que formar una mezcla de polvo, además comprende seleccionar la alquilenpoliamina para comprender al menos una de una metilenpoliamina, una etilenpoliamina, una butilenpoliamina, una propilenpoliamina, una pentilenpoliamina, una piperazina o una piperazina sustituida por N-amino alquil.
- 15 3. El método de la reivindicación 1, que además comprende seleccionar las partículas duras para comprender un material seleccionado de entre el grupo que consiste en diamante, carburo de boro, nitruro de boro, nitruro de aluminio, nitruro de silicio y carburos o boruros de W, Ti, Mo, Nb, V, Hf, Zr, Si, Ta y Cr.
4. El método de la reivindicación 3, que además comprende seleccionar las partículas de matriz para comprender un metal seleccionado de entre el grupo que consiste en hierro, níquel, cobalto, titanio, aluminio, aleaciones a base de cobre, aleaciones a base de hierro, aleaciones a base de níquel, aleaciones a base de cobalto, aleaciones a base de titanio y aleaciones a base de aluminio.
- 20 5. El método de la reivindicación 1, en el que las partículas duras y las partículas de matriz comprenden un primer grupo de partículas que tienen un primer tamaño de partícula promedio, un segundo grupo de partículas que tienen un segundo tamaño de partícula promedio siete veces más grande que el primer tamaño de partícula promedio y un tercer grupo de partículas que tienen un tamaño de partícula promedio treinta y cinco veces más grande que el primer tamaño de partícula promedio.
- 25 6. El método de la reivindicación 1, en el que inyectar la mezcla de polvo en una cavidad de molde comprende inyectar la mezcla de polvo en una cavidad de molde que tiene una forma que se corresponde con al menos una porción de un cuerpo de barrena para una barrena de perforación rotatoria de perforación terrestre.
- 30 7. El método de la reivindicación 1, que además comprende formar las partículas duras y las partículas de matriz para que sean al menos sustancialmente esféricas.
8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que además comprende:
- formar la cavidad de molde en un molde soluble en agua; y
- 35 disolver el molde en un disolvente polar después de formar el cuerpo en verde para retirar el cuerpo en verde de la cavidad de molde.
9. El método de la reivindicación 8, que además comprende formar el molde soluble en agua para comprender al menos uno de poli(alcohol vinílico) (PVA) y polietilenglicol.
10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que además comprende revestir las partículas duras y las partículas de matriz con el material orgánico antes de inyectar la mezcla de polvo en la cavidad de molde.
- 40 11. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que aplicar una presión a la mezcla de polvo comprende compactar la mezcla de polvo dentro de la cavidad de molde a una densidad de compactación de un 80 % en volumen o más.
- 45 12. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que además comprende comprimir de forma isostática el cuerpo en verde antes de sinterizar el cuerpo en verde para formar al menos una porción de un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre.

13. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que además comprende seleccionar el material orgánico de la mezcla de polvo para comprender menos de un 5 % en peso de la mezcla de polvo.
14. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que inyectar de forma mecánica la mezcla de polvo en la cavidad de molde comprende obligar a la mezcla de polvo a pasar a través de un tambor usando un husillo rotatorio dentro del tambor.
15. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que además comprende:
- sinterizar parcialmente el cuerpo en verde para formar un cuerpo en marrón;
 - mecanizar el cuerpo en marrón; y
 - sinterizar el cuerpo en marrón hasta una densidad final deseada.
16. El método de la reivindicación 15, en el que mecanizar el cuerpo en marrón comprende:
- mecanizar al menos una porción de una cavidad para elemento de corte en una superficie del cuerpo en marrón; y
 - sujetar al menos un elemento de corte dentro de la al menos una porción de una cavidad para elemento de corte.
17. Una estructura intermedia formada durante la fabricación de un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre, que comprende:
- un cuerpo en verde que tiene una forma que se corresponde con un cuerpo de una herramienta de perforación terrestre y que comprende:
 - una pluralidad de partículas duras;
 - una pluralidad de partículas de matriz que comprenden un material de matriz de metal; y
 - una alquilenpoliamina.

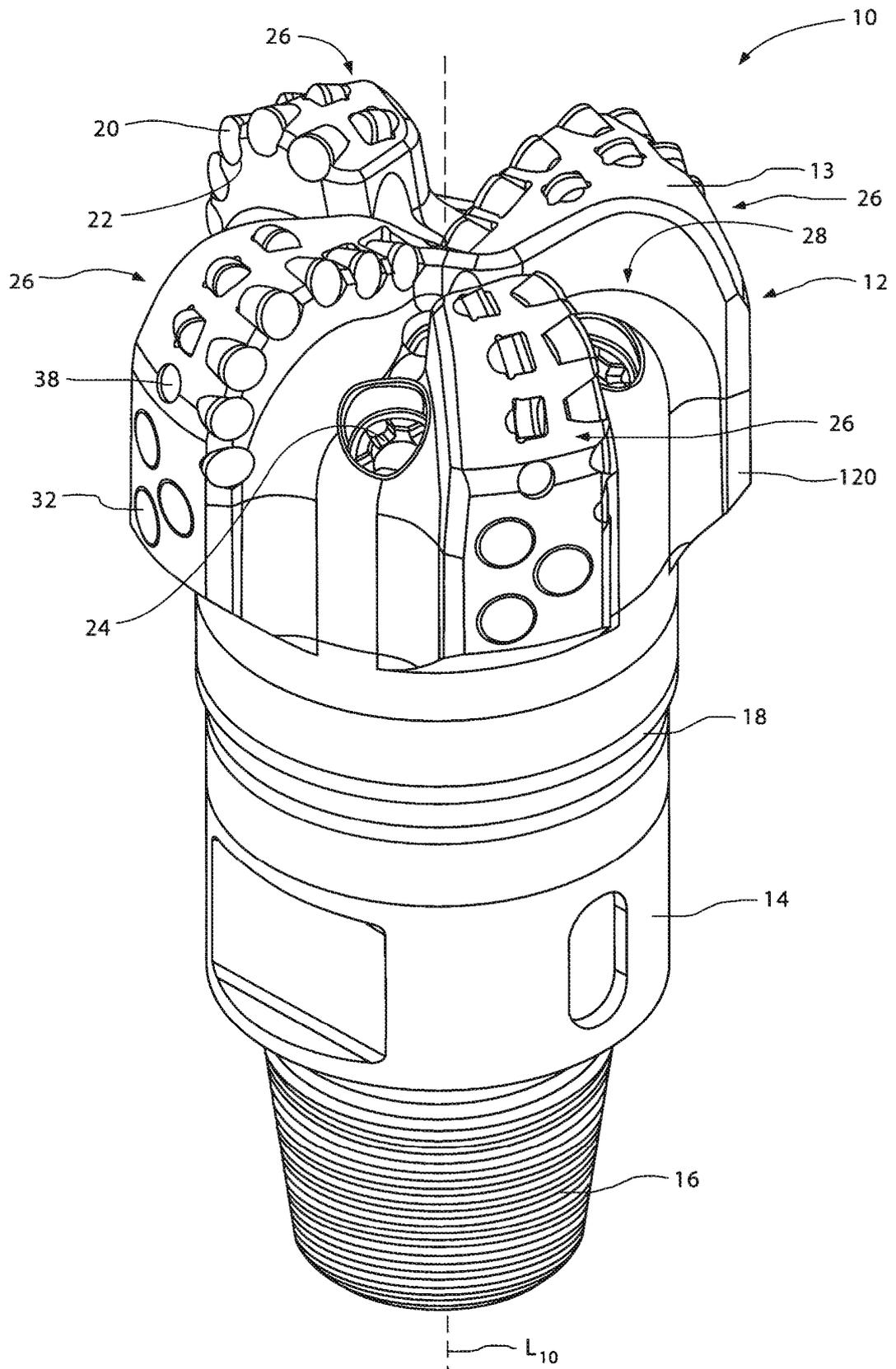


FIG. 1

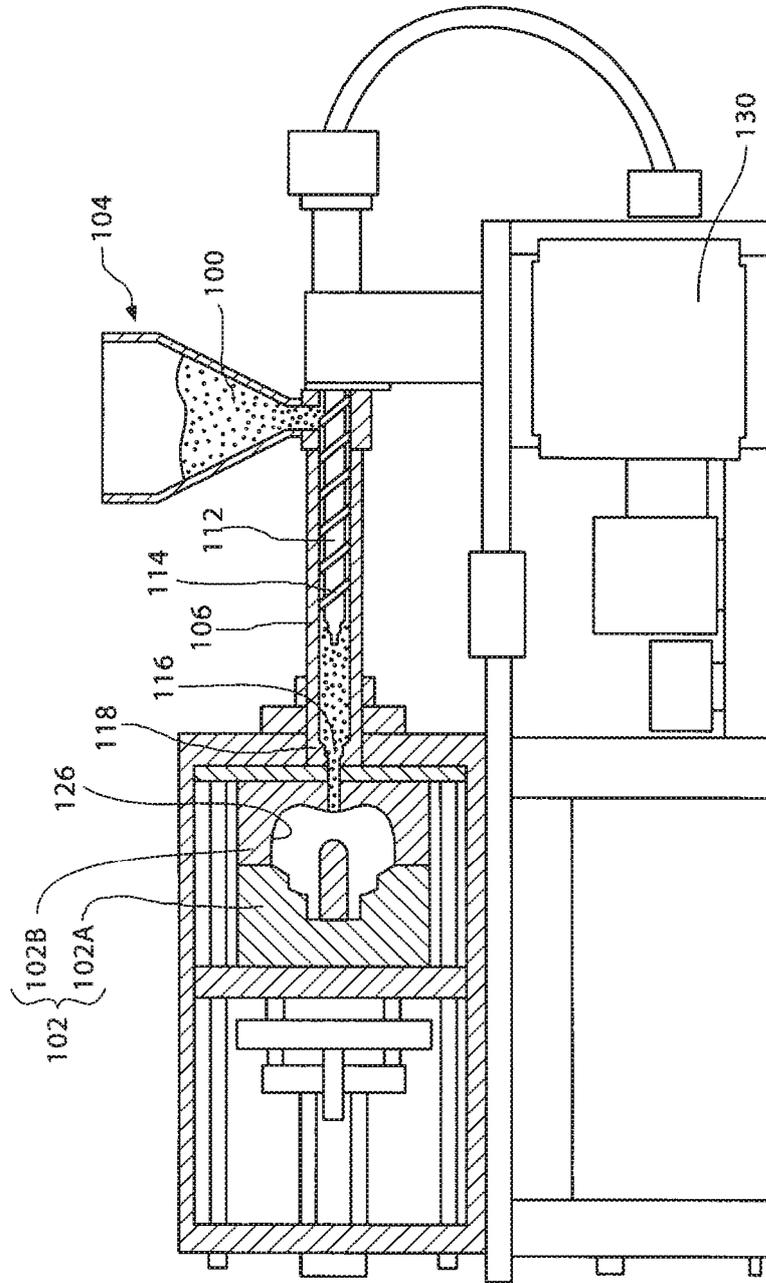


FIG. 2

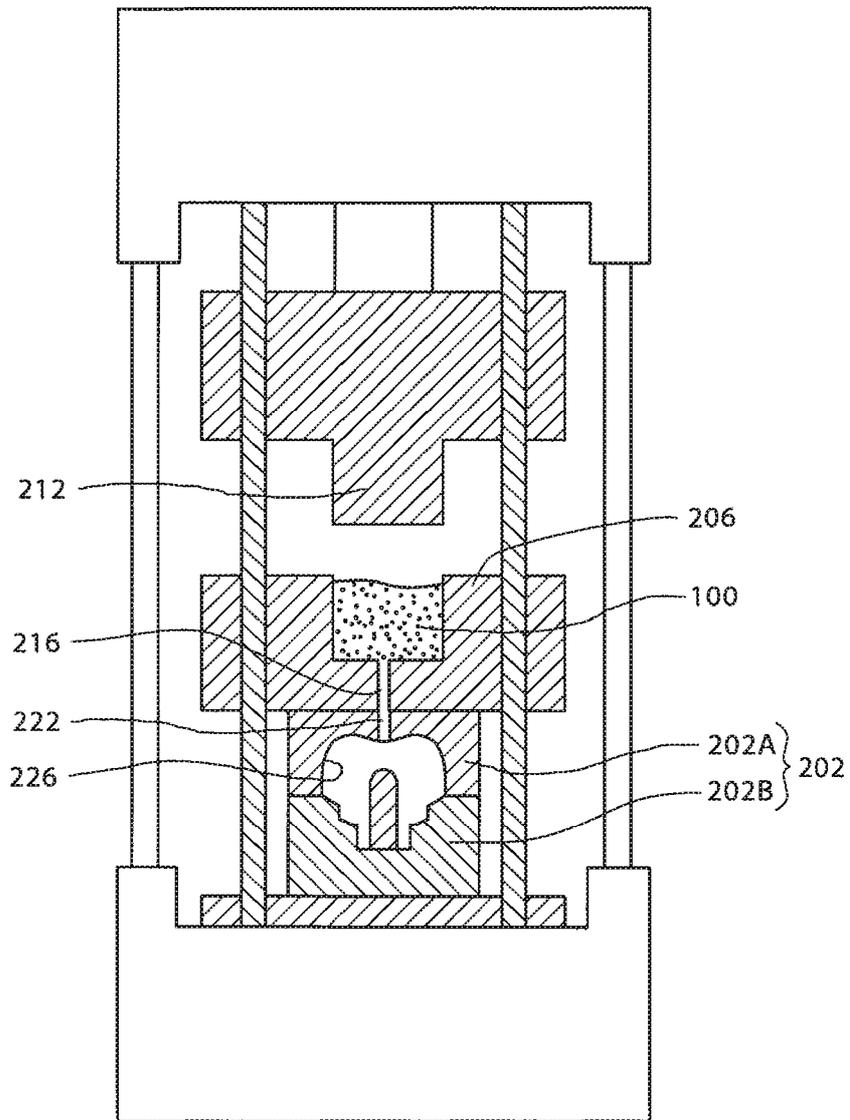


FIG. 3

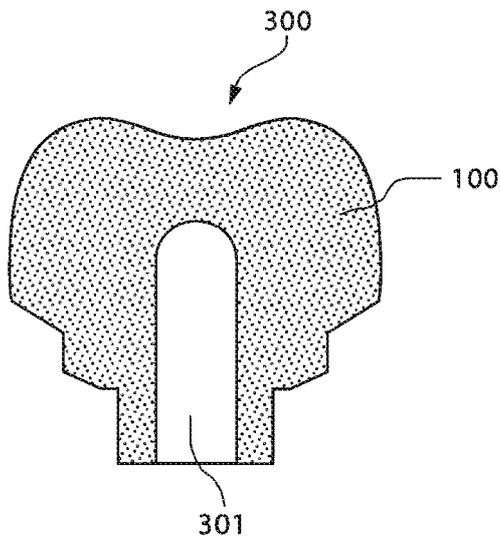


FIG. 4

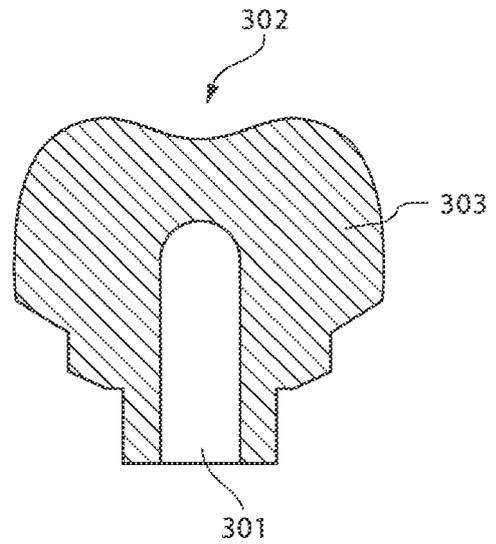


FIG. 5

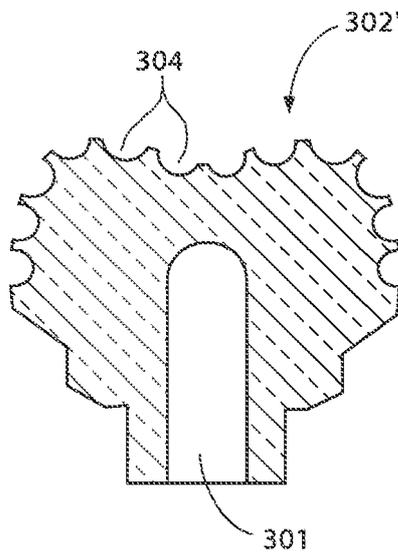


FIG. 6