

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 018 933**

51 Int. Cl.:

**E21B 29/02** (2006.01)

**C06B 25/00** (2006.01)

**C06B 43/00** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.06.2020** **PCT/EP2020/067246**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.12.2020** **WO20254659**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2020** **E 20734169 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2025** **EP 3987147**

54 Título: **Herramienta de fondo de pozo con sistema de combustible**

30 Prioridad:

**19.06.2019 GB 201908786**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.05.2025**

73 Titular/es:

**SPEX OIL & GAS LIMITED (100.00%)**  
**Blackwood House Union Grove Lane**  
**Aberdeen AB10 6XU, GB**

72 Inventor/es:

**OAG, JAMIE;**  
**FORSYTH, ANDREW;**  
**MCKAY, SIMON;**  
**KIRCHBERGER, CHRISTOPH;**  
**FREUDENMANN, DOMINIC y**  
**KURILOV, MAXIM**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 3 018 933 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**

Herramienta de fondo de pozo con sistema de combustible

**Campo**

- 5 La presente invención se refiere a una herramienta para manipular un material. La invención tiene una aplicación particular en la industria del petróleo y el gas y es particularmente adecuada para la manipulación de materiales sólidos, por ejemplo, tubulares, tales como tuberías de revestimiento o de producción, en un entorno de fondo de pozo.

**Antecedentes**

- 10 Hay situaciones en las que es deseable iniciar un cambio en un material objetivo, particularmente en ubicaciones remotas, como dentro de un pozo de petróleo o gas. El cambio puede ser un cambio en uno o más de temperatura, estructura, posición, composición, fase, propiedades físicas y/o condición del objetivo o cualquier otra característica del objetivo.

- 15 Una situación típica puede ser cortar un tubular en un pozo, limpiar un dispositivo de fondo de pozo o tubulares, iniciar una herramienta de fondo de pozo o eliminar una obstrucción. Las herramientas convencionales realizan estas operaciones con diversos grados de éxito, pero en general no son particularmente eficientes y hacen que tales operaciones sean costosas y requieran mucho tiempo.

- 20 Las herramientas mejoradas como las descritas en las solicitudes de patente internacional del presente solicitante WO2016/166531 y WO2016/079512 hacen uso de propelentes deflagrantes. Un propelente deflagrante en general se clasifica como un material explosivo que tiene una baja tasa de combustión y una vez encendido se quema o se descompone de otra manera para producir gas propelente. Este gas está altamente presurizado, la presión impulsa el gas y otros productos de combustión lejos del propelente, formando una corriente de productos de combustión. Un propulsor puede arder suavemente y a una velocidad uniforme después de la ignición sin depender de la interacción con la atmósfera y produce gas propulsor y/o calor en la combustión; y también puede producir productos de combustión adicionales.

- 25 A pesar de estas mejoras, sigue existiendo la necesidad de herramientas adicionales para el fondo del pozo u otros usos con capacidades adicionales o alternativas.

**Compendio**

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona una herramienta para manipular un material, comprendiendo la herramienta:

- 30 un cuerpo que define una cámara;
- un dispositivo inyector;
- al menos una fuente de una mezcla de combustible y oxidante a presión, en comunicación fluida con la cámara a través del dispositivo inyector;
- al menos una boquilla, teniendo cada boquilla una entrada y una salida, estando la entrada en comunicación fluida con la cámara; y
- 35 al menos un mecanismo para encender la mezcla de combustible y oxidante;
- en donde, tras la ignición de la mezcla de combustible y oxidante, se forma un chorro de combustión
- en la cámara que, en uso, fluye fuera de la herramienta a través de cada salida de boquilla hacia, y en acoplamiento con, un material a manipular; y
- en donde la mezcla de combustible y oxidante se proporciona como una única composición comprendiendo:
- 40 del 50 al 70 % en peso de un líquido iónico de sal de amonio cuaternario;
- del 5 al 25 % en peso de un nitrato, clorato, cromato, dinitramida o sal de perclorato, o mezclas de estos;
- del 5 al 25 % en peso de al menos un metal seleccionado del grupo consistiendo en aluminio, magnesio y aleaciones de aluminio y magnesio;
- del 0 al 20% en peso de un alcohol; y opcionalmente
- 45 del 0,15 al 10 % en peso de un agente gelificante.

La herramienta puede ser una herramienta de fondo de pozo para su uso en pozos de petróleo y/o gas. La

- manipulación de un material (como el "objetivo" del chorro de combustión o chorro de producto de descomposición) puede ser un cambio en la temperatura, estructura, posición, composición, fase, propiedades físicas y/o condición del material; o cualquier otra característica del material que compone el objetivo. El cambio en el material puede ser, por ejemplo, para extirpar, erosionar, impactar, limpiar y/o transmitir calor. Cortar o perforar el material de un objetivo, por ejemplo, cortar un tubular, es un uso ilustrativo.
- La herramienta puede encontrar uso en la eliminación de longitudes de fondo de pozo tubular. La herramienta puede encontrar uso en la perforación de un tubular en múltiples ubicaciones a lo largo de su longitud axial en el fondo del pozo.
- La eliminación de longitudes de tubular, o la perforación de un tubular, puede llevarse a cabo de manera ablativa. Las mezclas de combustible y oxidante descritas en esta invención pueden actuar para eliminar el metal de un tubular mediante ablación en partículas finas o gotitas que son expulsadas por el chorro de combustión o por un chorro de producto de descomposición de un monopropelente. El metal del tubular puede incluso ser quemado (oxidado) durante su eliminación. Dichos usos pueden servir como alternativas a las técnicas de molienda convencionales que pueden ser relativamente costosas y consumir mucho tiempo.
- Como alternativa, el chorro de combustión se puede emplear para reparar un objetivo, por ejemplo, depositando un recubrimiento transportado por el chorro de combustión. Por ejemplo, el chorro de combustión (por ejemplo, el calor producido) puede emplearse en operaciones para tapar un pozo o sellar una perforación y similares. Las operaciones de reparación pueden incluir proporcionar un cemento o un material fusible tal como bismuto o una aleación de bismuto de la herramienta o de otra fuente.
- En esta invención también se describe una herramienta que hace uso de un monopropelente adecuado tal como hidracina o un derivado de hidracina. La descomposición catalítica o térmica de la hidracina produce un chorro de gases calientes producto de la descomposición que puede ser dirigido por la boquilla o boquillas a un objetivo. La herramienta de la invención usa una mezcla de combustible y oxidante para producir un chorro de combustión.
- El texto que sigue en general se referirá solo a mezclas de combustible y oxidante y al chorro de combustión resultante. Sin embargo, la alternativa, no conforme a la invención, un chorro de producto de descomposición monopropelente y posterior, se puede emplear de manera similar, a menos que el contexto o una declaración explícita en contrario dicte lo contrario.
- El chorro de combustión presuriza la cámara. La presión y/o el calor generados pueden emplearse para abrir la al menos una boquilla. Por ejemplo, fundiendo un material fusible que cierra la boquilla antes de su uso. Por ejemplo, moviendo parte de la herramienta entre sí y, por lo tanto, descubriendo o creando la abertura de la boquilla.
- La boquilla o boquillas pueden proporcionar un chorro de combustión o chorros de combustión que emanan de la herramienta en una dirección radialmente hacia afuera de 360 grados o sustancialmente de 360 grados, es decir, el chorro o chorros de combustión pueden acoplarse a un objetivo, tal como una sección de un tubular, alrededor de la circunferencia de su superficie interna. En una herramienta con tal disposición, mover la herramienta axialmente dentro de un tubular (después de la ignición de la mezcla de combustible y oxidante) puede eliminar una longitud seleccionada de tubular.
- La boquilla o boquillas pueden dividir el chorro de combustión formado inicialmente en una pluralidad de chorros de combustión dirigidos, cada uno de los cuales emana en una dirección seleccionada, hacia el exterior de la herramienta. El chorro o chorros de combustión se pueden usar para perforar un tubular. La (s) perforación(es) puede (n) ser redonda (s) o de cualquier forma requerida (s) para la aplicación específica en cuestión. Se puede usar cualquier número y combinación de formas de perforación en una o más operaciones. En una herramienta con dicha disposición, después de perforar un tubular en una ubicación o ubicaciones seleccionadas, la herramienta puede moverse axialmente a una nueva ubicación a lo largo de la longitud del tubular para realizar perforaciones adicionales. Antes de mover la herramienta, el proceso de combustión puede detenerse y luego reiniciarse después de mover la herramienta a una nueva ubicación. Alternativamente, el proceso de combustión puede continuar a medida que se mueve la herramienta.
- Además de mover la herramienta axialmente en uso, se puede girar una herramienta. Por lo tanto, por ejemplo, una herramienta con un chorro de combustión que emana en una dirección se puede girar para dirigir el chorro en diferentes direcciones alrededor de la ubicación de la herramienta.
- Las boquillas proporcionadas en una herramienta pueden cerrarse. Esto puede ser útil, por ejemplo, cuando la herramienta se mueve de una ubicación a otra durante o después del uso.
- La herramienta puede incluir un sistema de refrigeración. Por ejemplo, el sistema de refrigeración puede estar abierto. En un sistema de enfriamiento abierto, no se reutiliza un suministro de refrigerante, como agua o agua de mar. Después de enfriar las partes calentadas, como la cámara y la (s) boquilla(s), se permite que el refrigerante salga de la herramienta, por ejemplo, se vierte en el pozo cuando la herramienta se está utilizando en el fondo del pozo. Alternativamente, un sistema de refrigeración puede estar cerrado. En un sistema de enfriamiento cerrado, el refrigerante se recircula. El refrigerante (tal como agua o agua de mar) puede pasar alrededor de un sistema de

enfriamiento que puede incluir una unidad de enfriamiento, para enfriar el refrigerante después de la circulación a través o más allá de las partes calentadas. Como una alternativa adicional, se puede hacer circular un combustible fluido tal como un líquido, gas o gel para su uso como refrigerante, antes de alimentarse a la cámara y encenderse.

La mezcla de combustible y oxidante se suministra como una sola composición que incluye combustible y oxidante. Esto puede describirse como un sistema de "monocombustible", ya que solo se requiere una composición para obtener el chorro de combustión. Como alternativa, pero no conforme a la invención, el combustible y el oxidante se pueden proporcionar por separado (por ejemplo, desde tanques separados dentro del cuerpo de la herramienta) para mezclarse antes o en el punto de ignición, donde se forma el chorro de combustión en la cámara. Cuando se emplean una composición de combustible separada y una composición oxidante separada, esa disposición puede denominarse sistema "bicombustible".

La mezcla de combustible y oxidante puede transportarse dentro de la herramienta o puede suministrarse a la herramienta, a través de conductos apropiados, desde cualquier ubicación remota, por ejemplo, desde tanques de almacenamiento ubicados en las instalaciones superficiales de una plataforma de petróleo y gas en alta mar, plataforma de perforación o buque de intervención de pozos o desde el fondo marino. Los monopropelentes se pueden suministrar de manera similar.

Las mezclas combinadas de combustible y oxidante y los combustibles y oxidantes empleados como composiciones separadas son combustibles, pero en general no explosivos, es decir, no clasificados como explosivos ("Clase 1") para el transporte bajo las regulaciones de mercancías peligrosas. Esto puede hacer que el manejo y transporte de estos materiales y herramientas que contienen estos materiales sea menos peligroso y en general más simple. Cuando se proporcionan composiciones de combustible y oxidante separadas para mezclar en la herramienta, una o ambas pueden clasificarse como no combustibles, hasta que se haga la mezcla.

El combustible puede ser un sólido, líquido, suspensión, gel o gas. El oxidante puede ser un sólido, líquido, suspensión, gel o gas. De manera similar, un monopropulsor o mezcla de combustible y oxidante podría ser un sólido, líquido, suspensión, gel o gas. Ventajosamente, las composiciones empleadas para combustible, oxidante, mezcla combinada de combustible y oxidante o monopropelente son fluidas.

Por lo tanto, se pueden preferir gases, líquidos, suspensiones o geles. Las partículas sólidas pueden estar contenidas dentro de líquidos, suspensiones o geles; o incluso en gases (como un aerosol). Las partículas metálicas pueden servir como combustible, aumentando las temperaturas de combustión y la densidad. En algunos ejemplos, pueden actuar como un catalizador para los procesos de combustión. Alternativamente, los sólidos particulados como combustible principal o incluso único u oxidante pueden contemplarse en algunos casos, por ejemplo, propulsados por gas en forma de un aerosol.

Las composiciones de gel de combustible, oxidante y/o una mezcla de combustible y oxidante pueden proporcionar ventajas. Las composiciones de gel pueden tener su viscosidad controlada para adaptarse a las condiciones de suministro y combustión que se encuentran en el fondo del pozo u otros entornos relativamente hostiles. Por lo tanto, un "monocombustible" de gel o un "bicombustible" de gel donde uno o ambos de la composición oxidante y la composición de combustible son geles puede ser conveniente en su uso.

Ejemplos de sustancias combustibles que pueden emplearse en un combustible o composición de combustible y oxidante incluyen líquidos iónicos, o soluciones, comprendiendo sales de amonio cuaternario, tales como sales de alquilamonio cuaternario, por ejemplo, nitrato de etilamonio.

Como alternativa, se puede emplear una composición de hidrocarburo, tal como una mezcla de parafina (hidrocarburo) y/o un alcohol y/o un nitroalcano y/o un nitroalqueno y/o un nitrato de alquilo en un combustible. En cuyo caso el oxidante puede suministrarse por separado (como un 'bicombustible') y puede ser un gas, tal como aire u oxígeno o un líquido tal como oxígeno criogénico o ácido nítrico. Sin embargo, una mezcla de parafina y/o un alcohol y/o un nitroalcano y/o un nitroalqueno y/o un nitrato de alquilo pueden usarse como un componente de combustible o componentes de combustible en composiciones de monocombustible. Los alcoholes, nitroalcanos y nitratos de alquilo, cuando se emplean, pueden ser alcoholes C1 a C10, nitroalcanos y nitratos de alquilo.

Un ejemplo de una mezcla de combustible y oxidante (monocombustible) es una composición comprendiendo un líquido iónico y una fuente de oxígeno adicional, tal como una sal de nitrato perclorato, clorato, cromato o dinitramida, o sus mezclas. Por ejemplo, nitrato de litio, perclorato de litio o dinitramida de amonio. Por lo tanto, es conveniente un gel comprendiendo nitrato de etilamonio y nitrato de litio.

Un ejemplo adicional de una composición monocombustible es una composición comprendiendo un alcohol, tal como etanol, y una fuente de oxígeno adicional, tal como una sal de nitrato, perclorato, clorato, cromato o dinitramida, o sus mezclas.

Un ejemplo adicional más de una composición de monocombustible es una composición comprendiendo un nitroalcano y/o un nitroalqueno y/o un nitrato de alquilo; y una fuente de oxígeno adicional, tal como una sal de nitrato, perclorato, clorato, cromato o dinitramida, o sus mezclas. Si se usa un nitroalcano, puede emplearse nitrometano. Si se utiliza un nitrato de alquilo, se puede utilizar nitrato de isopropilo (IPN).

A continuación, se analizan con más detalle las composiciones de monocombustible adecuadas para su uso en las herramientas descritas en esta invención.

5 Cuando se desea un gel, puede servir cualquier agente gelificante compatible con los otros componentes de la composición. Ejemplos de agentes gelificantes que pueden emplearse incluyen polímeros de ácido poliacrílico, como los polímeros Carbopol® disponibles en The Lubrizol Corporation de Wickliffe, Ohio, EE. UU. Las alternativas pueden incluir sílice ahumada, por ejemplo, las sílices ahumadas Aerosil® disponibles en Evonik Industries AG de Essen, Alemania. Puede emplearse más de un agente gelificante.

10 Las composiciones de combustible y oxidante pueden tener aditivos para mejorar el rendimiento en la manipulación de un material objetivo tal como un tubular. Por ejemplo, se pueden proporcionar partículas, tales como aluminio u otras partículas metálicas, suspendidas en una mezcla de combustible y oxidante, una composición de combustible o incluso una composición oxidante. Las composiciones y mezclas de gel son convenientes para evitar la sedimentación de partículas. Las partículas metálicas como el aluminio pueden proporcionar el beneficio de aumentar la densidad de las composiciones del combustible, permitiendo que las herramientas y los tanques de almacenamiento asociados sean más compactos. Las partículas de aluminio pueden servir para un doble propósito. Como metal reactivo, el  
15 aluminio puede contribuir al proceso de combustión, formando óxido de aluminio. El propio aluminio o el óxido de aluminio formado puede actuar como un agente de transferencia de calor o incluso un abrasivo al atacar un material objetivo.

Pueden emplearse otros metales o elementos reactivos en lugar de o además del aluminio. Por ejemplo, magnesio, hierro o boro. Cuando se emplea más de un metal o elemento reactivo, se pueden utilizar como mezclas y/o como  
20 aleaciones. Por ejemplo, se puede usar magnalio (una aleación de magnesio y aluminio) u otras aleaciones de aluminio. Se puede usar magnesio que contenga aproximadamente 5% de magnesio y 95% de aluminio en peso. Más en general, se contempla el uso de uno o más de aluminio, berilio, hierro, circonio, magnesio, boro y/o carburo de boro.

25 Cuando se emplean partículas en composiciones, las partículas pueden tener diámetros de menos de 100 µm de incluso por debajo de 60 µm, típicamente de 10-45 µm. Sin embargo, para algunos usos pueden emplearse nanopartículas. Por ejemplo, tener diámetros de 100 nm o menos. Las partículas pueden estar recubiertas (por ejemplo, para ayudar a la dispersión en un líquido o gel) o no recubiertas.

30 Las partículas también se pueden suministrar por separado en la herramienta para su introducción en el chorro de combustión o para su introducción en el combustible, el oxidante o una composición combinada de oxidante y combustible, antes de la ignición de la mezcla. Convenientemente, las partículas pueden suministrarse suspendidas en un líquido, por ejemplo, las partículas tales como partículas de aluminio pueden suministrarse suspendidas en una fase líquida o de gel, por ejemplo, en adipato de dioctilo.

35 La al menos una fuente proporciona combustible presurizado y oxidante (juntos cuando están según la invención o por separado) a la cámara. Cuando se emplean líquidos o geles, se puede usar presión de gas para conducir el (los) fluido(s) a la cámara. Por ejemplo, presurizando un recipiente que contiene el líquido o gel con un gas inerte tal como nitrógeno. Alternativamente, un cilindro contenido dentro o unido a la herramienta puede suministrar una presión de gas (por ejemplo, de nitrógeno). Como alternativa adicional, se puede suministrar presión de gas a través de conexiones de manguera a la herramienta. Cuando se emplea un sólido como combustible u oxidante, puede suministrarse como un aerosol presurizado. Un monopropulsor puede suministrarse de manera similar.

40 Como una alternativa adicional, se pueden emplear una o más bombas para presurizar la mezcla de combustión o sus componentes separados. También se contempla el uso de sistemas hidráulicos o neumáticos (por ejemplo, un pistón movido por fluido hidráulico) para proporcionar presión.

45 El suministro de combustible, oxidante, mezcla de combustible y oxidante o monopropelente a la cámara se realiza a través de un dispositivo inyector que puede controlar la entrada a la cámara y puede incluir un cabezal de mezcla para mezclar combustible y oxidante entre sí. Típicamente, la mezcla de combustible y oxidante se dispersa finamente por el dispositivo inyector, es decir, el dispositivo inyector comprende una pluralidad de boquillas inyectoras a través de las cuales la mezcla de combustible y oxidante fluye antes de la ignición al entrar en la cámara. El dispositivo inyector desacopla el chorro de combustión de la fuente de combustible presurizado y la mezcla de oxidante.

50 La ignición puede ser por cualquier medio adecuado para las composiciones empleadas. La ignición puede ser por descarga eléctrica o láser. Como otra alternativa, se puede usar encendido eléctrico o láser (por ejemplo, en la cámara) para encender una composición de imprimación, que se enciende más fácilmente que la mezcla de combustible y oxidante.

55 Los sistemas de combustible y oxidante preferidos para su uso en la herramienta, especialmente los sistemas de monocombustible, en general no son fácilmente inflamables, por razones de seguridad. Por lo tanto, se puede proporcionar una composición de imprimación tal como perclorato de potasio o perclorato de amonio en la cámara y encenderse para proporcionar una combustión, calor y presión iniciales que encenderán el combustible y el oxidante suministrados a la cámara a través del dispositivo inyector. Como alternativa, la composición de imprimación puede proporcionarse como una carga (o varias cargas) instalada en una cámara separada conectada a la cámara de

combustión.

Una vez encendidos, el combustible y el oxidante (por ejemplo, el combustible en gel y el oxidante) continuarán ardiendo siempre que se proporcionen a una velocidad adecuada. La secuencia de ignición inicial asociada con la composición de cebador puede estar basada en electroexplosivos, utilizando un sistema de ignición de yacimiento petrolífero seguro de RF conocido. Alternativamente, la secuencia de encendido inicial puede suministrarse utilizando un encendedor de percusión que es insensible al impulso eléctrico, pero que tiene una sensibilidad al impacto que requiere que se accione un pasador de choque por encima de él.

Un monopropelente como la hidracina puede encenderse mediante un catalizador o térmicamente.

El chorro de combustión puede mejorarse o moderarse de varias maneras, además de las descritas anteriormente haciendo uso de partículas. El chorro de combustión puede tener combustible y/u oxidante adicional inyectado en él desde una fuente, que puede ser la misma fuente que suministra el combustible y el oxidante.

La herramienta puede comprender además uno o más módulos de control, que pueden controlar el suministro de monocombustible o bicomcombustible, el suministro de aditivos, la presión y temperatura de la cámara de combustión y la presión y temperatura de descarga. Los módulos de control pueden contener uno o más elementos tales como componentes para: un sistema de encendido eléctrico o láser; control de presiones de gas (que pueden ser ajustables en respuesta al monitoreo de las temperaturas de combustión); y otros elementos tales como una bomba para presurizar el combustible, el oxidante o una mezcla de combustible y oxidante.

Según un segundo aspecto, la presente invención proporciona un procedimiento de manipulación de un material, comprendiendo el procedimiento:

desplegar una herramienta según el primer aspecto de la invención en la proximidad de un material objetivo; y operar la herramienta para producir al menos un chorro de combustión que se acopla al material objetivo.

El procedimiento puede hacer uso de cualquier realización de la herramienta como se describe en esta invención. El procedimiento puede hacer uso de cualquier realización de las composiciones de combustible y oxidante como se describe en la presente memoria.

En esta invención también se describe un combustible comprendiendo un líquido iónico. El líquido iónico puede comprender una sal de amonio cuaternario, tal como una sal de amonio cuaternario de alquilo, o una mezcla de sales de amonio cuaternario. La sal de amonio cuaternario puede ser nitrato de etilamonio.

En esta invención también se describe un combustible comprendiendo una sal de amonio cuaternario tal como una sal de amonio cuaternario de alquilo, o una mezcla de sales de amonio cuaternario. La sal de amonio cuaternario puede ser nitrato de etilamonio.

En esta invención también se describe una mezcla de combustible y oxidante comprendiendo un líquido iónico. El líquido iónico puede comprender una sal de amonio cuaternario, tal como una sal de amonio cuaternario de alquilo, o una mezcla de sales de amonio cuaternario. La sal de amonio cuaternario puede ser nitrato de etilamonio.

En esta invención también se describe una mezcla de combustible y oxidante comprendiendo una sal de amonio cuaternario, tal como una sal de amonio cuaternario de alquilo, o una mezcla de sales de amonio cuaternario como combustible y una sal de nitrato, perclorato, clorato, cromato o dinitramida o mezclas de estas como oxidante. Por ejemplo, se pueden emplear sales de nitrato de litio y/o perclorato de litio. Se pueden emplear mezclas de sales, por ejemplo, mezclas de sales de nitrato, mezclas de sales de perclorato y/o una mezcla comprendiendo una o más sales de nitrato y una o más sales de perclorato como oxidante. La sal de amonio cuaternario puede ser nitrato de etilamonio. La sal de nitrato puede ser nitrato de litio. La sal de perclorato puede ser perclorato de litio.

En esta invención también se describe una mezcla de combustible y oxidante comprendiendo un alcohol, tal como etanol, como combustible y una sal de nitrato, perclorato, clorato, cromato o dinitramida, o mezclas de estos como oxidante.

En esta invención también se describe una mezcla de combustible y oxidante comprendiendo un nitroalcano, un nitroalqueno, un nitrato de alquilo o sus mezclas, como combustible y una sal de nitrato, perclorato, clorato, cromato o dinitramida, o sus mezclas como oxidante. Puede usarse nitrometano. Puede usarse nitrato de isopropilo.

Ejemplos de mezclas de combustibles y oxidantes (monocombustibles) y adecuados para su uso en las herramientas descritas en esta invención y descritas más adelante. Todas las cantidades se proporcionan como % en peso de la composición total.

A. Las mezclas de combustible en gel y oxidante pueden comprender:

del 50 al 70 % o incluso del 55 al 65 % en peso de un líquido iónico de sal de amonio cuaternario;

del 5 al 25 % o incluso del 10 al 20 % en peso de una sal de nitrato clorato, cromato o dinitramida, o mezclas de estos;

de 5 a 25 % o incluso de 10 a 20 % en peso de al menos un metal seleccionado del grupo que consiste en aluminio, magnesio y aleaciones de aluminio y magnesio;

del 0 al 20 % o incluso del 5 al 15 % en peso de un alcohol; y

5 del 0,15 al 10 % o incluso del 0,5 % al 3 % en peso de un agente gelificante.

En la composición A, el alcohol puede ser un alcohol C1 a C10 con uno o más grupos hidroxilo. Se puede usar un glicol u otro alcohol polihídrico, por ejemplo, etilenglicol. El alcohol puede ayudar a la disolución del oxidante y disminuir el punto de congelación de la composición. Se puede usar una sal de nitrato, tal como nitrato de litio. El agente gelificante puede comprender polímeros de ácido poliacrílico y/o sílice ahumada. Si no se requiere una composición de gel, se puede omitir el agente gelificante. Se pueden incluir otros aditivos. Sin embargo, las composiciones A pueden consistir esencialmente en o consistir solo en los componentes enumerados anteriormente.

10

Una composición preferida A es la siguiente:

% en peso	Componente
59	nitrato de etilamonio (líquido iónico)
15	nitrato de litio
15	partículas de aluminio
10	etilenglicol
1	Carbolpol® (polímero de ácido poliacrílico)

B. Las mezclas de combustible en gel y oxidante pueden comprender:

15 del 30 al 50 % o incluso del 35 al 45 % en peso de un alcohol;

del 35 al 55 % o incluso del 40 al 50 % en peso de una sal de nitrato, clorato, cromato, dinitramida o perclorato, o sus mezclas;

del 5 al 25 % o incluso del 10 al 20 % en peso de al menos un metal seleccionado del grupo que consiste en aluminio, magnesio y aleaciones de aluminio y magnesio; y

20 del 0,15 al 10 % o incluso del 0,5 al 3 % en peso de un agente gelificante.

En la composición B, el alcohol puede ser un alcohol C1 a C10 con uno o más grupos hidroxilo. Puede usarse etanol. La sal puede ser una sal de perclorato tal como perclorato de litio.

El agente gelificante puede comprender polímeros de ácido poliacrílico y/o sílice ahumada. Si no se requiere una composición de gel, se puede omitir el agente gelificante. Se pueden incluir otros aditivos. Sin embargo, las composiciones B pueden consistir esencialmente en o consistir solo en los componentes enumerados anteriormente.

25

Una composición preferida B es la siguiente:

% en peso	Componente
45	perclorato de litio
40	etanol
14	partículas de aluminio
0,8-1	Carbolpol® (polímero de ácido poliacrílico)

C. Las mezclas de combustible en gel y oxidante pueden comprender

30 del 50 al 70 % o incluso del 55 al 65 % en peso de un nitroalcano, un nitroalqueno, un nitrato de alquilo o sus mezclas;

del 0 al 20 % o incluso del 1 al 10 % en peso de un alcohol;

del 5 al 25 % o incluso del 10 al 20 % en peso de al menos un metal seleccionado del grupo que consiste en

aluminio, magnesio y aleaciones de aluminio y magnesio;

del 10 al 30 % o incluso del 15 al 20 % en peso de una sal de nitrato, clorato, cromato, dinitramida o perclorato, o mezclas de estos; y

del 0,15 al 10 % o incluso del 0,5 al 3 % en peso de un agente gelificante.

- 5 En la composición C, un nitroalcano empleado puede ser un nitroalcano C1 a C10. Un nitroalqueno puede ser un nitroalqueno C2 a C10, por ejemplo, nitroetileno. El nitroalcano puede ser nitrometano. Si se utiliza un nitrato de alquilo, puede ser un nitrato de alquilo C1 a C10, tal como nitrato de isopropilo.

- 10 En la composición C, el alcohol puede ser un alcohol C1 a C10 con uno o más grupos hidroxilo. El alcohol puede ser un alcohol butílico, como el alcohol n-butílico. El alcohol butílico es conveniente, ya que es un desensibilizador comúnmente empleado para nitroalcanos.

La sal puede ser una sal de perclorato tal como perclorato de litio.

El agente gelificante puede comprender polímeros de ácido poliacrílico y/o sílice ahumada. Si no se requiere una composición de gel, se puede omitir el agente gelificante. Se pueden incluir otros aditivos. Sin embargo, las composiciones C pueden consistir esencialmente en o consistir solo en los componentes enumerados anteriormente.

- 15 Una composición preferida C es la siguiente:

% en peso	Componente
60	nitrometano
5	alcohol butílico
8	partículas de aluminio
18	perclorato de litio
4	aleación de magnalio (5% Mg, 95% Al)
2	Aerosil® (sílice ahumada)
3	Carbolpol® (polímero de ácido poliacrílico)

### Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra una herramienta ejemplar 1 para perforar un tubular en sección esquemática transversal;

- 20 La Figura 2 muestra una herramienta ejemplar para cortar un tubular en una vista esquemática en perspectiva y en sección transversal parcialmente desmontada;

La Figura 2A muestra una sección transversal de la disposición de boquilla de la herramienta de la figura 2;

La Figura 3 muestra una disposición de boquilla; y

La Figura 4 muestra otra disposición de boquilla.

### Descripción detallada de los dibujos

- 25 La Figura 1 muestra una herramienta ejemplar 1 en sección esquemática transversal. La herramienta 1 se encuentra en el fondo de un pozo de petróleo o gas. La conexión 2 a la superficie incluye el cableado de la señal de control. La herramienta 1 tiene un cuerpo 4 en general cilíndrico que incluye una cámara 6. Dentro de la cámara 6 hay una fuente de combustible, un cilindro 8 en este ejemplo. El cilindro 8 contiene una mezcla 9 de combustible en gel y oxidante, presurizada por una carga de gas nitrógeno contenida en su interior.

- 30 Una señal enviada a través de la conexión a la superficie 2 opera el módulo 10 de control que ordena la apertura de la válvula 12, liberando la mezcla 9 de combustible en gel y oxidante en el cabezal 14 del inyector. La mezcla 9 se pulveriza a través de las boquillas 16 del cabezal inyector en la cámara 6 como una pulverización finamente dividida. El encendedor 18 proporciona una descarga eléctrica que enciende la mezcla 9 para formar un chorro de combustión sugerido por las flechas 20. El chorro de combustión presuriza la cámara 6 y es desviado por el deflector 22 hacia las
- 35 entradas 24 de las boquillas 26 que están cerradas por el material 28 fusible. El calor y la presión del chorro de combustión eliminan el material 24 fusible, lo que permite que el chorro 20 de combustión escape de la cámara 6 a través de las salidas 28 de las boquillas 26 como una pluralidad de chorros de combustión dirigidos. Como sugieren las flechas anchas 20a, el chorro de combustión a continuación puede atacar y perforar las paredes de un tubo 30



El uso del chorro 20 de combustión, proporcionado por la mezcla 9 de combustible y oxidante permite un ataque bien controlado sobre el material objetivo (pared del tubular 30 en este ejemplo).

La Figura 2 muestra una herramienta 1 de fondo de pozo con partes similares numeradas igual que en la herramienta de la figura 1.

- 5 La herramienta 1 se muestra en dos partes en la figura 2. La parte 1A de la herramienta se muestra en perspectiva con parte de la pared del cuerpo 4 mostrada en fantasma para permitir la visualización del interior. La parte 1B de herramienta se muestra en sección transversal en perspectiva para permitir la visualización del interior de la cámara 6 y las partes relacionadas. En uso, las dos partes 1A y 1B forman un único cuerpo 4 en general cilíndrico.

- 10 En este ejemplo hay cilindros 32 y 34 separados que contienen una composición oxidante y una composición de combustible respectivamente. El módulo 10 de control ordena el funcionamiento de las válvulas en el cabezal 14 del inyector, lo que permite que las composiciones de combustible y oxidante a presión entren y se mezclen. Las composiciones mixtas de combustible y oxidante se encienden mediante un mecanismo de encendido (no se muestra en esta figura) a medida que salen del cabezal 14 inyector a través de las boquillas 16 del cabezal inyector. Esto produce un chorro de combustión en la cámara 6.

- 15 La cámara 6 incluye una varilla 36 de soporte que monta una tapa 38 de extremo de la cámara 6. La tapa 38 de extremo incluye un deflector 40 abovedado (véase la sección transversal de la figura 2A). La tapa 38 de extremo se sella al resto de la cámara 6 mediante un sello 42 de junta tórica en la unión 43.

- 20 La presión producida en la cámara 6 por el chorro de combustión (flechas 20) actúa para deslizar la tapa 38 de extremo a lo largo de la varilla 36 de soporte como lo sugieren las flechas 44. Se evita el movimiento hasta que la presión en la cámara 6 exceda la necesaria para romper el tope 46 montado en la varilla 36 (figura 2). Esto permite que la tapa 38 de extremo se mueva hasta que sea detenida por la tuerca 48 en el extremo de la varilla 36. Por lo tanto, un espacio anular, es decir, una boquilla, se abre alrededor del cuerpo 4 de la herramienta en la unión 43 previamente sellada. El chorro de combustión en la cámara puede salir del espacio anular, ayudado por la desviación de la superficie 40 abovedada. Esto produce un chorro de combustión de disco circular dirigido más o menos ortogonalmente desde la herramienta (flechas 46 en la figura 2A).

- 25 Si se desea, la tapa 38 de extremo puede estar provista de un suministro de material adicional para inyección en el chorro de combustión. Por ejemplo, se puede proporcionar una suspensión de partículas de aluminio en líquido en un recipiente (no se muestra) en la tapa 38 de extremo y dispensarse a través de boquillas que salen de la superficie 40 abovedada.

- 30 La Figura 3 muestra esquemáticamente un extremo de una herramienta 1 que es cilíndrica e incluye una pluralidad de boquillas 26 que se extienden circunferencialmente alrededor de la herramienta. Una pluralidad de chorros de combustión que salen de las boquillas 26 puede proporcionar un efecto similar al de la herramienta de las figuras 2, es decir, un disco (en general) circular de chorros de combustión superpuestos dirigidos más o menos ortogonalmente desde la herramienta.

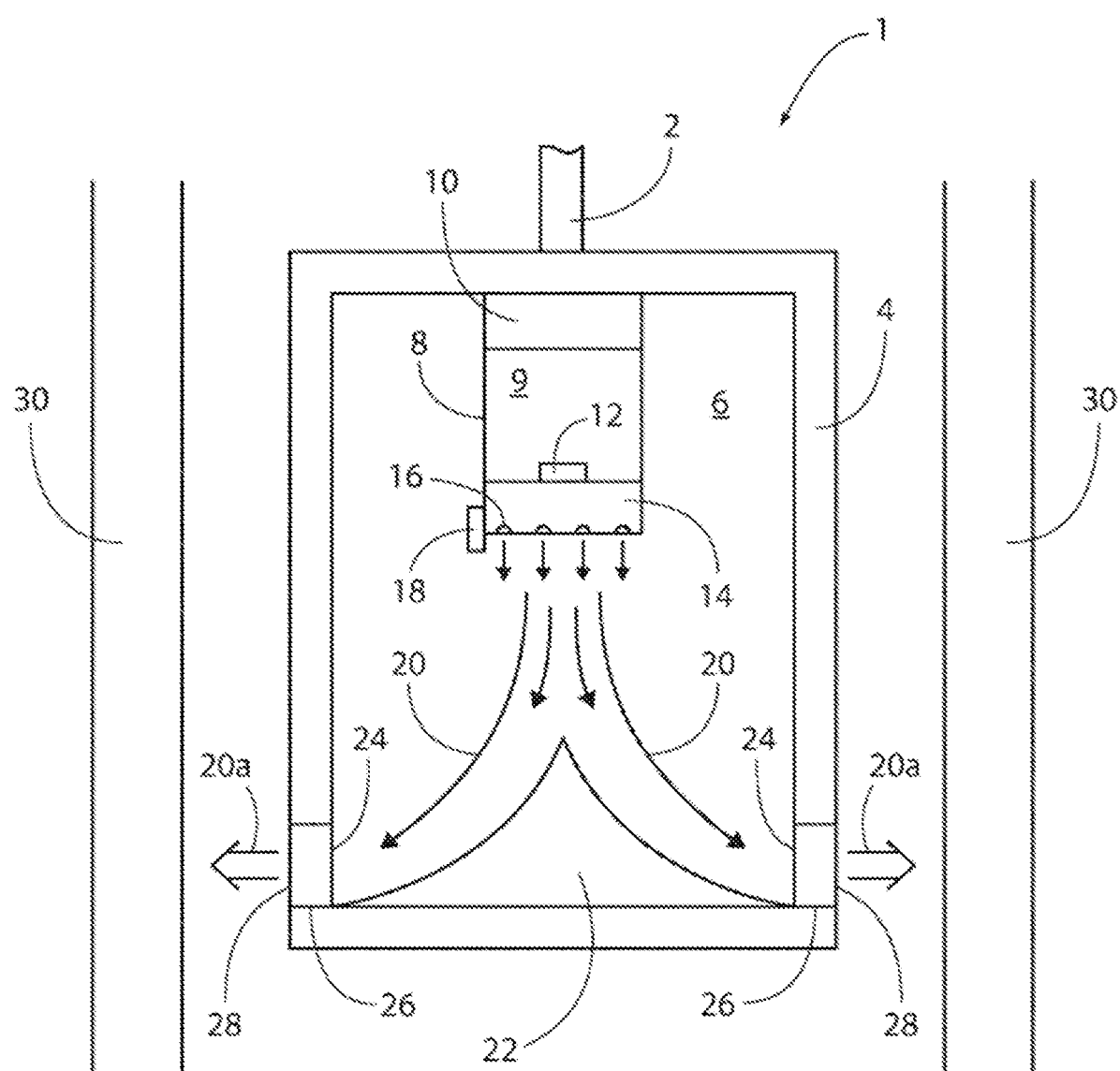
- 35 La Figura 4 muestra esquemáticamente un extremo de una herramienta 1 que es cilíndrica e incluye una pluralidad de boquillas 26 que son del tipo convergente-divergente como se encuentra en los motores de cohetes aeroespaciales. Dicho diseño se puede emplear para el trabajo de perforación en el fondo del pozo.

# REIVINDICACIONES

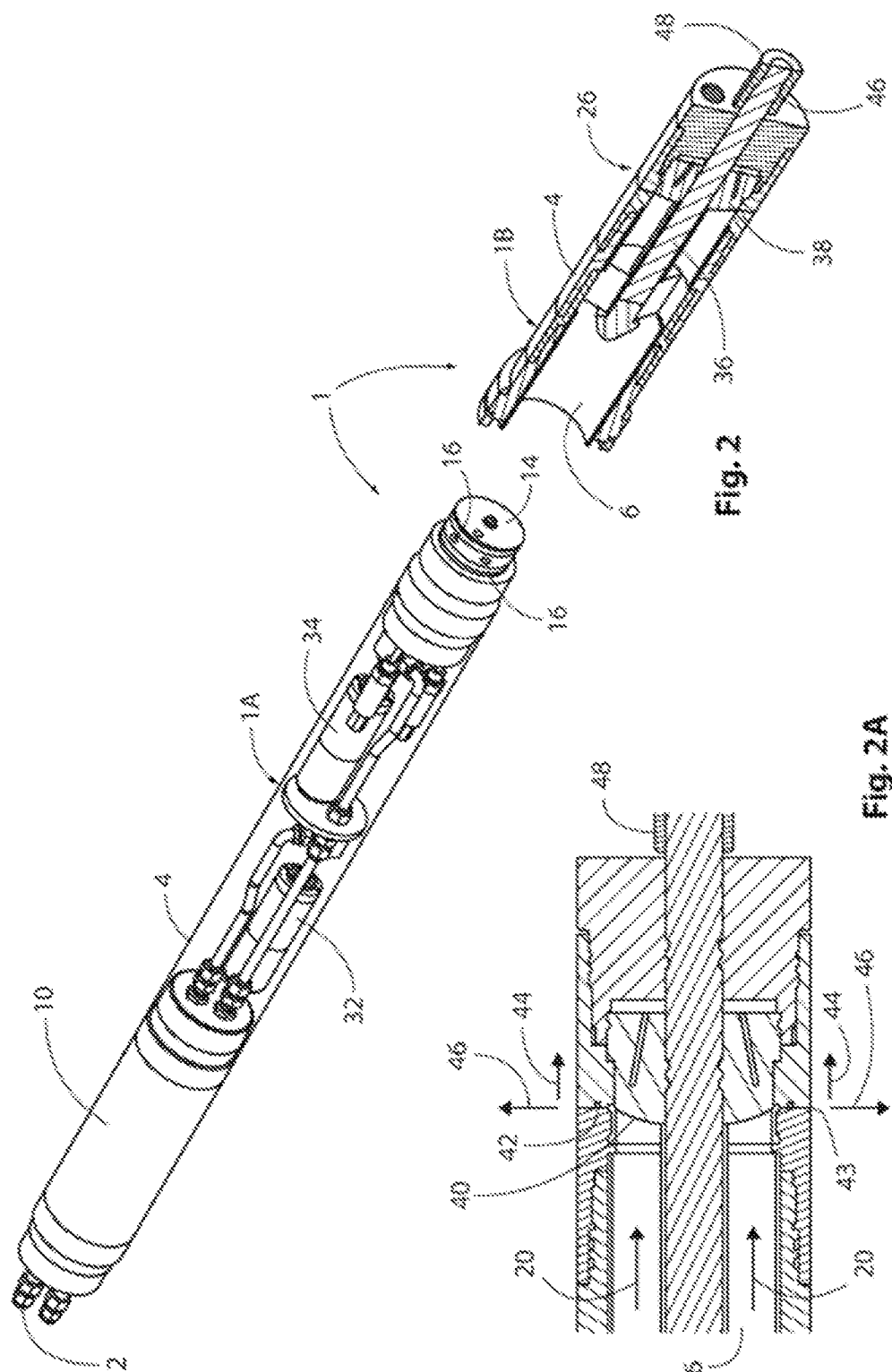
1. Una herramienta (1) para manipular un material, comprendiendo la herramienta:  
un cuerpo (4) definiendo una cámara (6);  
un dispositivo (14) inyector;  
5 al menos una fuente (8) de una mezcla (9) de combustible y oxidante presurizada, en comunicación fluida con la cámara (6) a través del dispositivo (14) inyector;  
al menos una boquilla (16), teniendo cada boquilla una entrada (24) y una salida (28), estando la entrada (24) en comunicación fluida con la cámara (6); y  
al menos un mecanismo (18) para encender la mezcla (9) de combustible y oxidante;  
10 en donde, tras el encendido de la mezcla (9) de combustible y oxidante, se forma un chorro de combustión en la cámara (6), que, en uso, fluye fuera de la herramienta (1) a través de cada salida (28) de boquilla hacia, e informa el acoplamiento con, un material a manipular; y  
en donde la mezcla (9) de combustible y oxidante se proporciona como una única composición comprendiendo:  
del 50 al 70 % en peso de un líquido iónico de sal de amonio cuaternario;  
15 del 5 al 25 % en peso de una sal de nitrato, clorato, cromato, dinitramida o perclorato, o mezclas de estos;  
del 5 al 25 % en peso de al menos un metal seleccionado del grupo que consiste en aluminio, magnesio y aleaciones de aluminio y magnesio;  
del 0 al 20 % en peso de un alcohol; y opcionalmente  
del 0,15 al 10 % en peso de un agente gelificante  
20 2. La herramienta de la reivindicación 1, en donde el líquido iónico de sal de amonio cuaternario es una sal de alquilamonio cuaternario.  
3. La herramienta de la reivindicación 2, en donde la sal de amonio cuaternario de alquilo es nitrato de etilamonio.  
4. La herramienta de la reivindicación 1, en donde la mezcla de combustible y oxidante comprende:  
de 55 a 65% en peso de un líquido iónico de sal de amonio cuaternario;  
25 del 10 al 20 % en peso de una sal de nitrato clorato, cromato o dinitramida, o mezclas de estos;  
de 10 a 20 % en peso de al menos un metal seleccionado del grupo que consiste en aluminio, magnesio y aleaciones de aluminio y magnesio;  
del 5 al 15 % en peso de un alcohol; y  
del 0,5 % al 3 % en peso de un agente gelificante.  
30 5. La herramienta de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la herramienta está configurada para su uso en el fondo del pozo.  
6. La herramienta de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el chorro de combustión o los chorros de combustión emanan de la herramienta en una dirección radialmente hacia afuera de 360 grados.  
7. La herramienta de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores comprendiendo además un sistema de refrigeración.  
35 8. La herramienta de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se emplea presión de gas para impulsar la mezcla de combustible y oxidante hacia la cámara.  
9. La herramienta de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la composición de combustible y oxidante comprende, además: partículas de al menos uno seleccionado del grupo que consiste en: berilio, hierro, circonio, boro, carburo de boro y aleaciones de estos.  
40 10. Un procedimiento de manipulación de un material, comprendiendo el procedimiento:  
desplegar una herramienta según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 en la proximidad de un material objetivo; y

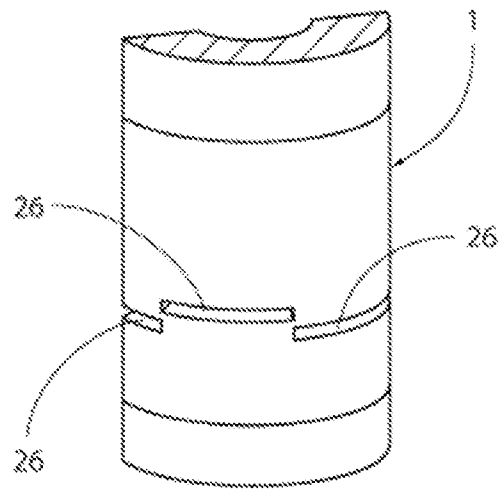
operar la herramienta para producir un chorro de combustión que se acopla al material objetivo.

11. El procedimiento de la reivindicación 10, en donde la herramienta es una herramienta de fondo de pozo y la herramienta se mueve axialmente dentro de un tubular para eliminar una longitud seleccionada de tubular.
- 5 12. El procedimiento de la reivindicación 10, en donde la herramienta es una herramienta de fondo de pozo y la herramienta se opera para perforar un tubular en una ubicación o ubicaciones seleccionadas y luego se mueve para perforar el tubular en una ubicación o ubicaciones seleccionadas adicionales.
13. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en donde la herramienta se hace girar durante el uso para dirigir el chorro de combustión en diferentes direcciones alrededor de la ubicación de la herramienta.

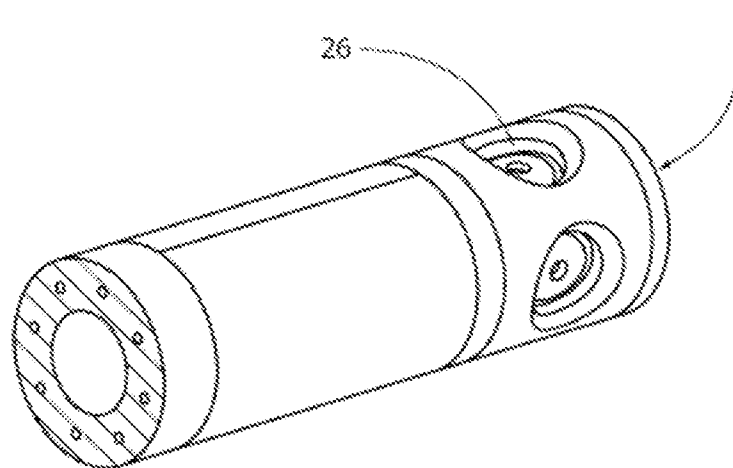


**Fig. 1**





**Fig. 3**



**Fig. 4**