

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 955 315**

51 Int. Cl.:

F24T 10/15 (2008.01)

F24T 10/00 (2008.01)

B26D 3/16 (2006.01)

E21B 29/00 (2006.01)

B23D 21/14 (2006.01)

B26D 1/30 (2006.01)

B26D 5/02 (2006.01)

F24T 10/40 (2008.01)

F03G 7/04 (2006.01)

F03G 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2019** **E 19196678 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023** **EP 3623723**

54 Título: **Método para instalar un intercambiador de calor geotérmico**

30 Prioridad:

14.09.2018 US 201816131156

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

30.11.2023

73 Titular/es:

**GEOSOURCE ENERGY INC. (100.0%)
1508 Hwy 54
Calendonia N3W 2G9, CA**

72 Inventor/es:

REITSMA, STANLEY

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 955 315 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 para instalar un intercambiador de calor geotérmico

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a intercambiadores de calor geotérmicos y, más particularmente, a la instalación de intercambiadores de calor geotérmicos.

10 Antecedentes

Los intercambiadores de calor geotérmicos son tubos (a veces denominados "bucles") que se instalan bajo tierra y se acoplan al sistema de calefacción y/o enfriamiento de un edificio (por ejemplo, sistema HVAC). El fluido del sistema de calefacción/enfriamiento del edificio circula por los tubos para intercambiar calor con el sustrato subterráneo circundante. Normalmente, existe un gradiente de temperatura entre el aire ambiente y el sustrato subterráneo; el sustrato suele ser más frío que el aire en verano y más cálido que el aire en invierno. En este sentido, el intercambio de calor puede reducir el consumo de energía necesario para lograr el control climático dentro del edificio.

Se requiere un pozo geotérmico antes de la instalación de un intercambiador de calor geotérmico. Para un intercambiador de calor geotérmico instalado debajo de un edificio aún por construir, el intercambiador de calor geotérmico se instala normalmente después de completar la excavación en el sitio de construcción. Esto evita el problema de que el bucle interfiera con la excavación y evita también el riesgo de que los desechos de la excavación entren en el tubo y obstruyan el flujo de fluido a través del mismo. Sin embargo, este enfoque requiere que las operaciones de construcción, al menos alrededor del área del pozo(s), se retrasen durante la instalación y prueba del intercambiador de calor geotérmico.

El documento KR 101 658 572 B1 enseña una disposición en la que una tubería de intercambio de calor geotérmica y un miembro de extensión del suelo están conectados entre sí usando un dispositivo de conexión para formar un conjunto de tubería geotérmica que se inserta en el pozo, y después la tubería de intercambio de calor geotérmica se asegura en el pozo. Después, el miembro de extensión del suelo se separa de la tubería de intercambio de calor geotérmica y el miembro de extensión del suelo se retira del pozo. El dispositivo de conexión cierra el extremo de la tubería de intercambio de calor geotérmica y continúa después la excavación hasta que el dispositivo de conexión queda expuesto. Después se retira el dispositivo de conexión y se conecta un conducto al extremo superior de la tubería de intercambio de calor geotérmica.

El documento KR 101 525 431 B1 describe una disposición en la que se inserta un intercambiador de calor en un pozo y se mide su profundidad. Después se retira el intercambiador de calor del pozo, después se corta, y después una porción inferior del intercambiador de calor (la porción que regresará y permanecerá en el pozo) se sella después de cortarse y después se vuelve a conectar con la porción superior para su reinserción en el pozo. El documento US 1 801 424 A se refiere a una herramienta de corte de tuberías. La herramienta se puede insertar en una tubería y luego, se puede girar la herramienta o la tubería, cortando así la tubería.

40 Sumario

En un aspecto, la presente divulgación describe un método de instalar un intercambiador de calor geotérmico. Se perfora un pozo hasta una profundidad objetivo del pozo en el sitio y, después de perforar el pozo, se inserta un intercambiador de calor geotérmico en el pozo hasta la profundidad deseada del intercambiador de calor y después se fija en el pozo a la profundidad deseada del intercambiador de calor. El intercambiador de calor puede ser, por ejemplo, un bucle en U, tal como un bucle en U individual o un bucle en U múltiple, o puede comprender al menos un tubo exterior de un intercambiador de calor concéntrico.

Una vez asegurado el intercambiador de calor en el pozo, el intercambiador de calor tiene un extremo distal cerrado y un extremo proximal abierto y tiene al menos una trayectoria de fluido entre el extremo distal cerrado y el extremo proximal abierto, con fluido de instalación dispuesto en la(s) trayectoria(s) de fluido del intercambiador de calor. Después de asegurar el intercambiador de calor en el pozo y antes de excavar una porción del sitio que rodea inmediatamente el pozo, el intercambiador de calor se sella temporalmente entre el extremo distal cerrado y el extremo proximal abierto instalando, a través del extremo proximal abierto, al menos un sello interno respectivo en cada trayectoria de fluido. Para cada trayectoria de fluido, el(los) sello(s) interno(s) se colocará(n) por debajo de una profundidad de subrasante hipotética respectiva.

Después de sellar el intercambiador de calor, el intercambiador de calor se corta por encima del(los) sello(s) más superior(es) para producir al menos una porción cortada por encima del sello del intercambiador de calor por encima del(los) sello(s) más superior(es), y cada porción cortada por encima del sello del intercambiador de calor se retira y la porción del sitio que rodea inmediatamente el pozo se excava por encima de una profundidad de subrasante hipotética más baja. Opcionalmente, después de asegurar el intercambiador de calor en el pozo y antes de la excavación del sitio, se puede probar el intercambiador de calor. Después de excavar la parte del sitio que rodea inmediatamente el pozo, los sellos se retiran para conectar el intercambiador de calor a los conductos de suministro/retorno. En algunas realizaciones preferidas, el fluido de instalación permanece en el intercambiador de

calor durante la fijación del intercambiador de calor en el pozo y durante el sellado temporal del intercambiador de calor.

5 El corte del intercambiador de calor y la retirada de cada porción cortada por encima del sello del intercambiador de calor se pueden realizar antes de la excavación del sitio o durante la excavación del sitio. En algunas realizaciones, el corte se realiza incidentalmente mediante maquinaria de excavación durante la excavación de la porción del sitio que rodea inmediatamente el pozo.

10 El corte del intercambiador de calor se puede realizar insertando una herramienta de corte de tuberías en el extremo proximal abierto y cortando después el intercambiador de calor desde el interior, por ejemplo, usando una herramienta especializada de corte de tuberías.

También se describe una herramienta de corte de tuberías no cubierta por la presente invención. La herramienta de corte de tuberías comprende un cuerpo principal que tiene una superficie de guía exterior que se extiende axialmente adaptada para guiar el cuerpo principal axialmente a lo largo del interior de una tubería a lo largo de un eje de tubería, con un rebaje para el brazo en la superficie de guía del cuerpo principal y un brazo de corte. El brazo de corte tiene un extremo de pivote que tiene una superficie de leva, un borde posterior, un borde de corte y un extremo de corte opuesto al extremo de pivote, teniendo el extremo de corte un cabezal de corte dispuesto a lo largo del borde de corte. El rebaje del brazo tiene una superficie de tope dispuesta en su interior, y el brazo de corte está acoplado de forma pivotante en su extremo de pivote al cuerpo principal dentro del rebaje del brazo de forma que pueda pivotar, en relación con el cuerpo principal, alrededor de un eje de pivote que es sustancialmente paralelo al eje de la tubería. El brazo de corte puede pivotar entre una posición retraída en la que el brazo de corte se retrae dentro del rebaje del brazo de forma que el borde de corte se orienta hacia la superficie de tope, y una posición extendida en la que el extremo de corte del brazo de corte se extiende más allá de la superficie de guía para exponer el cabezal de corte y la superficie de leva se acopla con la superficie de tope para sujetar el brazo de corte contra la fuerza aplicada al cabezal de corte. Un miembro de desviación actúa entre el cuerpo principal y el brazo de corte para impulsar el brazo de corte hacia la posición extendida.

En algunos ejemplos, un primer extremo axial del cuerpo principal tiene un rebaje de la varilla de accionamiento alineado axialmente que está roscado para recibir de forma roscada una varilla de accionamiento. En algunos ejemplos particulares, el brazo de corte está acoplado de forma pivotante al cuerpo principal mediante un pasador de pivote que pasa a través de una abertura de pivote en el extremo de pivote del brazo de corte. Un primer extremo del pasador de pivote se recibe en un rebaje del pasador de pivote en el mismo lado axial del rebaje del brazo que el rebaje de la varilla de accionamiento. Un segundo extremo del pasador de pivote se recibe en un receptáculo de casquillo en donde se dispone un casquillo en el receptáculo de casquillo en un lado axial opuesto del rebaje del brazo desde el rebaje de la varilla de accionamiento. El casquillo queda atrapado en el receptáculo de casquillo mediante un tornillo de fijación que se recibe de forma roscada en un rebaje para tornillo de fijación en el lado axial opuesto del rebaje del brazo desde el rebaje de la varilla de accionamiento.

40 El cabezal de corte puede estar adaptado para recibir una cuchilla orientada hacia el borde de corte, o puede tener una cuchilla integral orientada hacia el borde de corte.

Breve descripción de los dibujos

45 Estas y otras características resultarán más evidentes a partir de la siguiente descripción en la que se hace referencia a los dibujos adjuntos en donde:

la Figura 1A muestra la perforación de un pozo, de acuerdo con un aspecto de la presente divulgación;
 50 las Figuras 1B y 1Ba muestran la inserción de un intercambiador de calor geotérmico en el pozo de la Figura 1A;
 las Figuras 1C a 1E muestran la fijación del intercambiador de calor de las Figuras 1B y 1Ba en el pozo de la Figura 1A;
 la Figura 1F muestra el sellado temporal del intercambiador de calor de las Figuras 1B y 1Ba;
 la Figura 1G muestra el corte del intercambiador de calor de las Figuras 1B y 1Ba por encima del(los) sello(s) más superior(es) de la Figura 1F;
 55 la Figura 1H muestra la eliminación de las porciones cortadas por encima del sello del intercambiador de calor de las Figuras 1B y 1Ba;
 las Figuras 1I y 1Ia muestran la excavación de la porción del sitio que rodea inmediatamente el pozo de la Figura 1;
 las Figuras 1J y 1K muestran la retirada del(los) sello(s) de la Figura 1F del intercambiador de calor de las Figuras 1B y 1Ba;
 60 las Figuras 1L y 1M muestran la conexión del intercambiador de calor de las Figuras 1B y 1Ba a un sistema HVAC;
 la Figura 2A es una vista en sección transversal de un intercambiador de calor geotérmico de bucle cerrado ilustrativo que tiene una configuración de bucle en U individual;
 la Figura 2B es una vista en sección transversal de un intercambiador de calor geotérmico de bucle cerrado ilustrativo que tiene una configuración de bucle en U doble;
 65 la Figura 2C es una vista en sección transversal de un intercambiador de calor geotérmico de bucle cerrado

ilustrativo que tiene una configuración concéntrica;

la Figura 3A es una vista en perspectiva de una herramienta de corte de tuberías no cubierta por la presente invención, mostrando un brazo de corte de la misma en una posición retraída;

la Figura 3B es una vista en perspectiva de la herramienta de corte de tuberías de la Figura 3A, mostrando el brazo de corte de la misma en una posición extendida;

la Figura 3C es una vista en sección transversal de la herramienta de corte de tuberías de la Figura 3A, tomada a lo largo de la línea 3C-3C en la Figura 3B y mostrada dentro de una tubería;

la Figura 3D es una vista en sección transversal de la herramienta de corte de tuberías de la Figura 3A, tomada a lo largo de la línea 3D-3D en la Figura 3B y mostrando el brazo de corte en una posición retraída;

la Figura 3E es una vista en sección transversal de la herramienta de corte de tuberías de la Figura 3A, tomada a lo largo de la línea 3E-3E en la Figura 3B y mostrando el brazo de corte en una posición extendida;

la Figura 3F es una vista en sección superior de la herramienta de corte de tuberías de la Figura 3A, mostrando el brazo de corte en una posición retraída;

la Figura 3G es una vista en sección superior de la herramienta de corte de tuberías de la Figura 3A, mostrando el brazo de corte en una posición extendida;

la Figura 3H es una primera vista en alzado lateral de la herramienta de corte de tuberías de la Figura 3A, mostrando el brazo de corte en una posición retraída;

la Figura 3I es la misma vista en alzado lateral que en la Figura 3H, mostrando el brazo de corte en una posición extendida;

la Figura 3J es una segunda vista en alzado lateral de la herramienta de corte de tuberías de la Figura 3A, mostrando el brazo de corte en una posición retraída; y

la Figura 3K es la misma vista en alzado lateral que en la Figura 3J, mostrando el brazo de corte en una posición extendida.

Descripción detallada

A continuación, se hace referencia a las Figuras 1A a 1M, que muestran un método ilustrativo de instalar un intercambiador de calor geotérmico de acuerdo con un aspecto de la presente divulgación.

Comenzando con la Figura 1A, en un sitio

102, tal como el sustrato 104 sobre el que se planea la construcción de un nuevo edificio, se perfora un pozo 106 hasta una profundidad objetivo D del pozo en el sitio 102. En la realización ilustrada, se utiliza un equipo de perforación hidráulica 110 para formar el pozo 106. Un equipo de perforación hidráulica puede estar equipado, por ejemplo, con una unidad superior individual, dual o sónica.

Opcionalmente, se puede usar un revestimiento (no mostrado) para estabilizar la sobrecarga (normalmente compuesta de arcillas, arenas y gravas en su mayor parte) y, si se encuentra, se perfora un orificio abierto (es decir, sin revestimiento) en el lecho de roca. Se puede instalar un revestimiento después de la perforación de la sobrecarga cuando se usa perforación giratoria con aire o lodo, o se puede instalar un revestimiento simultáneamente con la perforación de la sobrecarga usando un equipo equipado con la unidad superior giratoria o sónica doble, o con un sistema de perforación de sobrecarga. El revestimiento usado en la construcción de un pozo geotérmico es normalmente un revestimiento temporal, lo que significa que se elimina después de la instalación del intercambiador de calor geotérmico en el pozo. El tamaño del revestimiento debe ser lo suficientemente grande para acomodar el tamaño de la broca utilizada para perforar el lecho de roca debajo; los tamaños comunes incluyen 133 mm de diámetro exterior (DE) (5,5") y 165 mm DE (6,5"). El lecho de roca se perfora normalmente con un martillo de fondo (para rocas duras como el granito) o con brocas PDC (para rocas sedimentarias más blandas). El fluido usado para perforar la roca suele ser aire comprimido, pero también se puede usar perforación giratoria con agua o lodo. La perforación giratoria con lodo se puede usar también para perforar un pozo abierto en sobrecarga, generalmente a una profundidad máxima de 150 metros y más frecuentemente a profundidades de menos de 100 metros. La perforación giratoria con lodo de un pozo abierto no se usa comúnmente a mayores profundidades porque resulta muy difícil mantener la estabilidad del pozo y llevar el intercambiador de calor geotérmico a la profundidad objetivo. El tamaño del pozo está dictado por la geometría del intercambiador de calor y los requisitos de inyección. El tamaño mínimo convencional del pozo para un intercambiador de calor de bucle en U individual de 32 mm (1,25") es de 98 mm y para un intercambiador de calor de bucle en U individual de 38 mm (1,5") es de 108 mm. A menudo se utilizan tamaños de orificios más grandes debido a las herramientas convencionales de los equipos de perforación y 152 mm (6") es muy común entre los equipos de perforación de pozos de agua. Los pozos suelen ser verticales, pero pueden perforarse en ángulo o direccionalmente usando tecnología de perforación orientable.

La selección del método de perforación depende de la geología, disponibilidad de equipos, profundidad objetivo del intercambiador de calor geotérmico y requisitos reglamentarios, y está dentro de la capacidad de un experto en la materia.

Con referencia ahora a la Figura 1B y la Figura 1Ba, después de perforar el pozo 106, se inserta un intercambiador de calor geotérmico 112 en el pozo 106 hasta una profundidad deseada del intercambiador de calor, que puede ser igual o ligeramente superior a la profundidad del pozo D.

El intercambiador de calor geotérmico 112 tiene normalmente la forma de una o más tuberías tubulares en una configuración en forma de U (denominada "bucle en U"). La configuración de intercambiador de calor geotérmico de circuito cerrado más común es un bucle en U individual, como se muestra en la Figura 2A, que consiste en dos tuberías 114 unidas por un accesorio de codo de 180 grados 118 en el extremo distal del intercambiador de calor 112 para formar dos brazos paralelos continuos 116 que se extienden a lo largo del intercambiador de calor 112. Las configuraciones de bucle en U doble, como se muestra en la Figura 2B, son comunes en Europa, con dos pares de tuberías 114A, 114B cada una unida por un respectivo accesorio de codo de 180 grados 118 para formar dos pares respectivos de brazos paralelos 116A, 116B. Por tanto, en una configuración de bucle en U doble, hay cuatro brazos paralelos continuos 116A, 116B que discurren a lo largo del intercambiador de calor 112 con un codo doble de 180 grados 118 en el extremo distal del intercambiador de calor 112. En otra realización, como se muestra en la Figura 2C, una forma alternativa de intercambiador de calor geotérmico 212 puede ser un intercambiador de calor concéntrico o coaxial que comprende un tubo exterior 214 y un tubo interior 216 en comunicación fluida entre sí, teniendo el tubo exterior 214 un extremo distal cerrado 218 y teniendo el tubo interior 216 un extremo distal abierto que termina cerca del extremo distal cerrado 218 del tubo exterior 214. Cuando se usa un intercambiador de calor concéntrico 212, opcionalmente, solo es necesario insertar el tubo exterior 214 en el paso mostrado en las Figuras 1B y 1Ba. Hay otras configuraciones disponibles, pero menos comunes, como varias secciones transversales de tubería que no son necesariamente redondas (por ejemplo, GI4™), y varios bucles en U pueden tener más de dos tuberías (por ejemplo, Twister™).

Los tamaños comunes de tuberías con bucle en U varían de 1,91 cm/s (¾" IPS) a 3,81 cm/s (1,5" IPS) con espesores de pared de SDR9 a SDR13,5 (SDR es la relación entre el diámetro de la tubería y el espesor de la pared). El material de tubería más común es el polietileno de alta densidad, tal como HDPE 3608 o HDPE 4710, aunque ocasionalmente se utilizan algunos otros materiales o HDPE térmicamente mejorado.

En cada caso, es decir, si es un intercambiador de calor de bucle en U 112, un intercambiador de calor concéntrico 212 u otra configuración, el intercambiador de calor tiene un extremo distal cerrado (por ejemplo, el(los) codo(s) 118 o el extremo cerrado 218 del tubo exterior 214).

Volviendo a la Figura 1B y a la Figura 1Ba, se verá que el intercambiador de calor geotérmico 112 ilustrativo es un intercambiador de calor de bucle en U individual 112 que comprende una tubería flexible 114 cuyo codo 118 forma el extremo distal cerrado.

La inserción del intercambiador de calor geotérmico 112 en el pozo 106 se puede realizar manualmente, como se muestra en la Figura 1B, o con un sistema mecánico 120, como se muestra en la Figura 1Ba. Los diámetros de tubería más grandes (por ejemplo, 3,18 cm (1,25") y 3,81 cm (1,5")) y los orificios profundos suelen hacer necesaria la inserción mecánica. Tanto la inserción manual como mecánica están dentro de la capacidad de un experto en la técnica.

Después de insertar el intercambiador de calor 112 en el pozo 106, el intercambiador de calor 112 está asegurado en el pozo 106 a la profundidad deseada del intercambiador de calor. El espacio anular 128 (véase Figuras 1C a 1E) entre el intercambiador de calor 112 y la pared del pozo 106, así como cualquier espacio 130 entre los brazos 116 del intercambiador de calor 112, normalmente se rellena con lechadas a base de bentonita o cemento, siendo las lechadas a base de bentonita las más comunes debido a su facilidad de uso y mejor rendimiento. El material de mejora térmica se usa comúnmente con lechada a base de bentonita para mejorar el rendimiento del intercambiador de calor. Estos materiales suelen ser arena de sílice y, más recientemente, material grafitico. Antes de la introducción de la lechada, el intercambiador de calor 112 se llena con un fluido de instalación 115 (tal como agua) mantenido a una presión adecuada para mantener la integridad estructural de la tubería 114 (es decir, evitar el colapso hacia dentro).

Para aplicar la lechada, se inserta una línea tremie 122 en el pozo 106. Normalmente, la tubería 114 y la línea tremie 122 se alimentarán desde las respectivas bobinas 124, 126 y se insertarán al mismo tiempo (véase Figuras 1B y 1Ba). La línea tremie 122 puede colocarse también en el pozo después de la inserción del intercambiador de calor 112 en el pozo 106. Como puede verse en las Figuras 1C a 1E, con una configuración de bucle en U, la línea tremie 122 normalmente se coloca entre los brazos 116 del intercambiador de calor 112.

Al comienzo de la lechada, el extremo de salida 132 de la línea tremie 122 está colocado inicialmente cerca del extremo distal del intercambiador de calor, como se muestra en la Figura 1C. El codo 118 del intercambiador de calor 112 puede descansar sobre un soporte 134 como se muestra, cuyo soporte puede doblarse como un peso de plomada, o el codo 118 del intercambiador de calor 112 puede descansar directamente sobre el fondo del pozo 106, o el intercambiador de calor 112 puede simplemente suspenderse en el pozo 106 mientras se aplica la lechada.

Se inyecta lechada 136 en el pozo 106, como se muestra en la Figura 1D, hasta que el extremo de salida 132 de la línea tremie 122 quede sumergido en la lechada 136 varios metros por debajo de la superficie o menisco de la lechada 136. De esta forma, la lechada 136 empujará cualquier agua u otro material fuera del pozo 106, dando como resultado una columna continua de lechada en el pozo 106. A medida que se inyecta la lechada en el pozo 106, la línea tremie 122 se retira del pozo mientras se mantiene el extremo de salida de la línea tremie 122 sumergido en la lechada 136 hasta que el pozo 106 esté sustancialmente lleno, como se muestra en la Figura 1E. Después de que la lechada 136

haya fraguado, el exceso de longitud de los brazos 116 de la tubería 114 que sobresalen más allá de la boca del pozo 106 se puede cortar de forma que queden aproximadamente al ras con la superficie del sustrato 104 en el que se forma el pozo 106, para proporcionar al intercambiador de calor 112 un extremo proximal abierto 138, como se muestra en (por ejemplo) la Figura 1F. En un ejemplo no cubierto por la presente invención, la tubería 114 se puede precortar de forma que tenga una longitud correspondiente a la profundidad del pozo 106, o se puede cortar antes de la inyección.

Cuando se utiliza revestimiento, la lechada se coloca en el revestimiento inmediatamente antes de tirar del revestimiento de tal forma que la lechada aún no se haya 'asentado' o endurecido de forma que la lechada se desploma fuera de la revestimiento a medida que se extrae del pozo. A medida que se retira el revestimiento, entonces se utiliza lechada para rellenar el pozo de forma que éste quede completamente lleno con lechada una vez que se haya extraído todo el revestimiento del suelo.

Una vez que se ha insertado el intercambiador de calor 112 y se ha inyectado el pozo 106 (o el intercambiador de calor 112 está asegurado de otro modo en el pozo 106), la integridad del intercambiador de calor 112, la profundidad del intercambiador de calor 112 y potencialmente la calidad de la lechada 106 alrededor del intercambiador de calor 112 se pueden probar conjuntamente. Probar la profundidad y la calidad de la lechada requiere acceso al intercambiador de calor 112 desde la superficie 104 del sitio 102 hasta la profundidad completa. Las pruebas de presión requieren también acceso a la superficie y continuidad hidráulica, pero no necesariamente requieren acceso al fondo del bucle, permitiendo así colocar sellos o tapones internos a cierta profundidad dentro del intercambiador de calor. Las pruebas anteriores están dentro de la capacidad de un experto en la materia, ahora informado por la presente divulgación. Por tanto, después de asegurar el intercambiador de calor 112 en el pozo 106, la prueba normal del intercambiador de calor 112 se puede llevar a cabo antes de la excavación de la porción 140 (Figura 1I) del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106.

Como se ha indicado anteriormente, el intercambiador de calor tiene un extremo distal cerrado (por ejemplo, el(los) codo(s) 118 o el extremo cerrado 218 del tubo exterior 214) y, al menos después de asegurarse en el pozo 106 después de la instalación, tiene un extremo proximal abierto 138 (por ejemplo, los extremos de los tubos 114, 114A, 114B distal del(os) codo(s) 118 o el extremo de (al menos) el tubo exterior 214 alejado del extremo distal cerrado 218). El extremo proximal abierto 138 es proximal a la superficie del sustrato 104 del sitio 102. El intercambiador de calor 112 tiene también al menos una trayectoria de fluido entre el extremo distal cerrado 118 y el extremo proximal abierto 138 (por ejemplo, proporcionado por la(s) tubería(s) 114, 114A, 114B, 214, 216).

Después de la inserción (Figuras 1B/1Ba), la lechada (Figuras 1C a 1E) y, opcionalmente, las pruebas, se colocan sellos internos (por ejemplo, tapones) en el intercambiador de calor 112 desde el extremo proximal abierto 138 en una o más profundidades de subrasante hipotéticas para impedir que los desechos entren en el intercambiador de calor 112. La expresión "profundidad de subrasante hipotética", como se usa en el presente documento, se refiere a una profundidad por debajo de la que no se prevé ninguna excavación de construcción, al menos dentro de la porción 140 del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106. Como precaución, puede haber múltiples profundidades de subrasante hipotéticas, con sellos colocados debajo de cada una, como se describe más adelante. La provisión opcional de profundidad(es) de subrasante hipotética(s) adicional(es) podría explicar la necesidad de excavar más profundamente de lo esperado debido a las exigencias de la construcción, errores por operación del equipo de construcción, etc. Si bien, opcionalmente, los sellos podrían colocarse solo debajo de la profundidad de subrasante hipotética más baja, esto aumenta el riesgo de que entren residuos en el intercambiador de calor por encima de los sellos.

Haciendo referencia ahora a la Figura 1F, después de asegurar el intercambiador de calor 112 en el pozo 106 y antes de la excavación de una porción 140 (véase Figura 1I) del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106, el intercambiador de calor 112 se sella temporalmente. La expresión "porción del sitio que rodea inmediatamente el pozo", como se usa en el presente documento, se refiere a la región (porción del sitio) que se encuentra dentro de un radio de cinco metros, preferiblemente dentro de tres metros y más preferiblemente dentro de un metro del pozo 106, medido radialmente desde la circunferencia exterior del pozo 106. La excavación de otras porciones del sitio 102, es decir, aquellas distintas de la porción 140 del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106, puede llevarse a cabo antes de sellar temporalmente el intercambiador de calor 112. Por tanto, otras actividades de construcción pueden continuar en otras porciones del sitio 102 durante, por ejemplo, la formación del pozo 106, la instalación del intercambiador de calor 112 y la lechada del intercambiador de calor 112, antes de sellar temporalmente el intercambiador de calor 112.

Con referencia continuada a la Figura 1F, el intercambiador de calor 112 se sella temporalmente entre el extremo distal cerrado 118 (o 218) y el extremo proximal abierto 138 instalando, a través del extremo proximal abierto 138, al menos un sello interno respectivo en cada trayectoria de fluido, por ejemplo la(s) tubería(s) 114 (o 114A, 114B, 214, 216). Los sellos internos pueden adoptar una amplia variedad de formas y pueden tener una forma adaptada al tipo particular de intercambiador de calor. Por ejemplo, y sin limitación, un sello interno puede comprender uno o más de un tapón esférico de espuma compresible 142 como se muestra en la parte principal de la Figura 1F, un tapón de cilindro de espuma compresible 142A como se muestra en la ampliación del lado inferior derecho en la Figura 1F, o un tapón de gel 142B como se muestra en la ampliación del lado superior derecho en la Figura 1F, cada uno de los

que se describe más adelante. Cada uno de los sellos (por ejemplo, tapones esféricos 142) está dispuesto debajo de una profundidad de subrasante hipotética respectiva 144A, 144B, 144C.

Como se ha indicado anteriormente, en algunas realizaciones, puede haber múltiples profundidades de subrasante hipotéticas, con sellos colocados en cada una. Por ejemplo, se puede esperar que la excavación no continúe por debajo de (por ejemplo) 10 metros desde la superficie 104, que sería una primera profundidad de subrasante hipotética 144A, pero también se puede proporcionar una segunda profundidad de subrasante hipotética 144B de (por ejemplo) 10,5 metros y una tercera profundidad de subrasante hipotética 144C de (por ejemplo) 11 metros. Estos son simplemente ejemplos de profundidades de subrasante y no pretenden ser limitantes. Los sellos (por ejemplo, tapones esféricos 142) están dispuestos entre la primera profundidad de subrasante hipotética 144A y la segunda profundidad de subrasante hipotética 144B, entre la segunda profundidad de subrasante hipotética 144B y la tercera profundidad de subrasante hipotética 144C, y por debajo de la tercera profundidad de subrasante hipotética 144C. Por ende, hay sellos (por ejemplo, tapones esféricos 142) dispuestos debajo de cada una de la primera profundidad de subrasante hipotética 144A, la segunda profundidad de subrasante hipotética 144B y la tercera profundidad de subrasante hipotética 144C. Se puede proporcionar cualquier número deseado de profundidades de subrasante hipotéticas y sellos asociados.

Haciendo aún referencia a la Figura 1F, los tapones esféricos de espuma compresible 142 pueden colocarse debajo de la profundidad de subsuelo deseada 144A, 144B, 144C forzándolos a lo largo del interior de las tuberías 114 usando una varilla 146 que tiene marcas de profundidad 148.

Como se ha descrito anteriormente, en algunas realizaciones, uno o más sellos pueden comprender un cilindro de espuma compresible 142A. El tapón de cilindro de espuma compresible 142A puede simplemente forzarse a su posición usando la varilla 146 de forma similar a los sellos de bola (por ejemplo, tapones esféricos 142), o comprimirse y sellarse al vacío dentro de una membrana de barrera impermeable al aire para formar una "empacadura" comprimida que puede caber fácilmente dentro del interior de la tubería 114. Después, esta empacadura se puede bajar a la profundidad deseada y se puede romper después la membrana de barrera para permitir que el tapón de cilindro 142A se expanda contra la pared interior de la tubería 114.

Como también se ha mencionado anteriormente, en algunas realizaciones, uno o más sellos pueden comprender un tapón de gel 142B. Un tapón de gel 142B puede comprender un tubo soluble en agua sellado lleno de hilo absorbente de agua. El tubo soluble en agua se puede bajar a la profundidad deseada y suspender en su lugar usando una cuerda. El tubo soluble en agua permanece en su lugar hasta que se disuelva, lo que permite después que el agua llegue al hilo absorbente de agua. El hilo se expande para llenar el interior de la tubería 114 y proporcionar un tapón de gel durante un intervalo deseado.

A continuación, se hace referencia a la Figura 1G. Después de sellar el intercambiador de calor 112, el intercambiador de calor 112 se corta por encima del(los) sello(s) más superior(es) 142. Se apreciará que cortar el intercambiador de calor 112 por encima del(los) sello(s) más superior(es) 142 significa que el intercambiador de calor 112 se corta también por encima del(los) sello(s) más inferior(es), ya que el(los) sello(s) más superior(es) 142 estarán necesariamente por encima del(los) sello(s) más inferior(es) 142. En la realización ilustrada, cada uno de los brazos 116 de la tubería 114 se corta por encima de los sellos de bola (por ejemplo, tapones esféricos 142) colocados inmediatamente debajo de la primera profundidad de subrasante hipotética 144A. El corte del intercambiador de calor 112 se puede realizar usando cualquier técnica adecuada; preferentemente, como se muestra en la Figura 1G, el corte se lleva a cabo insertando una herramienta especializada de corte de tuberías 300 en el extremo proximal abierto 138 y cortando el intercambiador de calor 112 (por ejemplo, cortando los brazos 116 de la tubería 114) desde el interior. Como se muestra en la parte ampliada de la Figura 1G, la herramienta de corte de tuberías 300 ilustrativa comprende un cuerpo principal 302 y un brazo de corte retráctil 304 y puede montarse en el extremo de la varilla 146 con marcas de profundidad para que pueda avanzar hasta la profundidad deseada. La herramienta de corte de tuberías 300 ilustrativa, que no está cubierta por la presente invención, se describirá con más detalle más adelante.

Haciendo referencia ahora a la Figura 1H, el corte del intercambiador de calor 112 produce dos porciones cortadas por encima del sello 150 (una para cada brazo 116 de la tubería 114) del intercambiador de calor 112. (En el caso de un intercambiador de calor coaxial, puede haber solo una porción cortada y, en el caso de un intercambiador de calor de bucle en U múltiple, habrán más de dos porciones cortadas). Las porciones cortadas 150 están ubicadas por encima de los sellos más superiores, de ahí la expresión "sobre el sello"; en la realización ilustrada, esto está por encima de los sellos de bola (por ejemplo, tapones esféricos 142) colocados inmediatamente debajo de la primera profundidad de subrasante hipotética 144A. Las porciones cortadas 150 del intercambiador de calor 112 se retiran después del pozo 106, por ejemplo, mediante tracción mecánica o manual, dejando solo la lechada 136 por encima de la posición donde se ha cortado el intercambiador de calor 112. Por tanto, en la realización mostrada en las Figuras 1H y 1I, cortar el intercambiador de calor 112 y retirar cada porción cortada por encima del sello 150 del intercambiador de calor 112 se lleva a cabo antes de la excavación de la porción 140 del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106.

Volviendo a la Figura 1I, después de cortar el intercambiador de calor 112 por encima del(los) sello(s) más superior(es) y retirar las porciones cortadas por encima del sello 150 del intercambiador de calor 112, se puede continuar la excavación de la porción 140 del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106. Al cortar el intercambiador de calor

112 y retirar las porciones cortadas por encima del sello 150 antes de la excavación, el trabajo de construcción puede realizarse sin interferencias desde las tuberías del intercambiador de calor. Si fuera necesario excavar hasta (por ejemplo) la segunda profundidad de subrasante hipotética 144B o la tercera profundidad de subrasante hipotética 144C, el procedimiento de corte se puede repetir por encima de los tapones esféricos 142 (u otros sellos) por encima de la profundidad de subrasante hipotética respectiva.

Como alternativa, en algunas realizaciones, cortar el intercambiador de calor 112 y retirar cada porción cortada por encima del sello 150 del intercambiador de calor 112 se puede llevar a cabo durante la excavación de la porción 140 del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106. Más particularmente, dependiendo del material del que está construido el intercambiador de calor 112, puede ser más eficiente y rentable permitir que las porciones por encima de los sellos (es decir, por encima de las porciones cortadas 150 de los sellos) sean cortadas y retiradas mediante el propio proceso de excavación (por ejemplo, mediante equipo de construcción tal como una excavadora, buldócer, retroexcavadora, etc.). Por tanto, el corte puede realizarse incidentalmente mediante la maquinaria de excavación 152 durante la excavación de la porción 140 del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106. Este proceso se muestra en la Figura 11a. Si es necesario excavar por debajo de la primera profundidad de subrasante hipotética 144A hasta (por ejemplo) la segunda profundidad de subrasante hipotética 144B o la tercera profundidad de subrasante hipotética 144C, la excavación puede continuar siempre y cuando el intercambiador de calor no se corte por debajo de la profundidad hipotética más baja de la base (es decir, la excavación permanece por encima del(os) sello(s) 142 más inferior(es) en el intercambiador de calor 112).

En cualquier caso (la retirada de la porción cortada por encima del sello 150 antes de la excavación o durante la excavación), después de completar la excavación de la porción 140 del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106, se pueden retirar después los sellos (por ejemplo, los tapones esféricos 142), como se muestra en las Figuras 1J y 1K. Como se puede observar en las Figuras, en realizaciones preferidas, el fluido de instalación 115 permanece en el intercambiador de calor 112 durante la fijación del intercambiador de calor 112 en el pozo 106, y mediante el sellado temporal del intercambiador de calor 112, corte del intercambiador de calor 112 y excavación de la porción 140 del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106. En este sentido, la retirada de los sellos (por ejemplo, tapones esféricos 142) se puede lograr suministrando fluido a presión, denotado por la flecha 154 en la Figura 1K, en el extremo abierto 138 de un brazo 116 del intercambiador de calor 112 lo que empujará después los tapones esféricos 142 (u otros sellos) fuera del extremo abierto 138 del otro brazo 116 del intercambiador de calor 112. Por tanto, los sellos (por ejemplo, tapones esféricos 142) se pueden retirar para conectar el intercambiador de calor 112 a los conductos de suministro/retorno 156, por ejemplo, de un sistema HVAC 158 en una sala mecánica 160 de un estacionamiento de varios niveles 162, como se muestra en las Figuras 1L y 1M. Esto permite que un fluido intercambiador de calor (por ejemplo, agua con inhibidor de corrosión y anticongelante como etanol o propilenglicol), mostrado por las flechas 166, pase del sistema HVAC a través del intercambiador de calor 112.

Ahora se hace referencia a las Figuras 3A a 3K, que muestran la herramienta de corte de tuberías 300, que no está cubierta por la presente invención, con más detalle. Como se ha indicado anteriormente, la herramienta de corte de tuberías 300 ilustrativa comprende un cuerpo principal 302 y un brazo de corte 304. El cuerpo principal 302 tiene una superficie de guía exterior 306 que se extiende axialmente adaptada para guiar el cuerpo principal 302 axialmente a lo largo del interior de una tubería 308 (Figuras 3C a 3E) a lo largo de un eje de tubería PA (Figuras 3A a 3B). El eje de tubería PA corresponde a la extensión longitudinal de la tubería 308. En la realización ilustrada, el cuerpo principal 302 es sustancialmente cilíndrico con extremos cónicos aunque se contemplan otras formas; en otros ejemplos, la superficie de guía puede incluir cojinetes adaptados para acoplarse con el interior de la tubería.

Un extremo axial del cuerpo principal 302 tiene un rebaje 310 de la varilla de accionamiento alineado axialmente (véanse Figuras 3D y 3E) que está roscado para recibir de forma roscada una varilla de accionamiento, como por ejemplo la varilla 146 con marcas de profundidad, para accionar la herramienta de corte de tuberías 300 a lo largo del interior de la tubería 308.

Se forma un rebaje 312 del brazo en la superficie de guía 306 del cuerpo principal 302 para recibir el brazo de corte 304, y una superficie de tope 314 está dispuesta en el rebaje 312 del brazo. El brazo de corte 304 tiene un extremo de pivote 316 y un extremo de corte 318 opuesto al extremo de pivote 316, con un borde posterior 320 y un borde de corte 322 que se extiende entre el extremo de pivote 316 y el extremo de corte 318. El borde posterior 320 y un borde de corte 322 están generalmente opuestos entre sí. El extremo de pivote 316 tiene una superficie de leva 324 y el extremo de corte 318 tiene un cabezal de corte 326 dispuesto a lo largo del borde de corte 322. El cabezal de corte 326 lleva una cuchilla 328 orientada hacia el borde de corte 322. El cabezal de corte 326 puede estar adaptado para recibir una cuchilla reemplazable, o puede tener una cuchilla integral, en cuyo caso el propio cabezal de corte puede ser reemplazable. Como alternativa, todo el brazo de corte 304 puede reemplazarse si la cuchilla 328 se desafilas.

El brazo de corte 304 está acoplado de forma pivotante en su extremo de pivote 316 al cuerpo principal 302 dentro del rebaje 312 del brazo para que pueda pivotar, con respecto al cuerpo principal 302, alrededor de un eje de pivote P que es sustancialmente paralelo al eje de tubería PA. El eje de pivote P del brazo de corte 304 está desplazado lateralmente de un eje de giro central R del cuerpo principal 302, es decir, cuando la herramienta de corte 300 está dentro de la tubería 308, paralela y coincidiendo normalmente coincidente con, el eje de tubería PA. Por tanto, el eje de pivote P del brazo de corte 304 estará desplazado lateralmente del eje de tubería PA. El brazo de corte 304 puede

pivotar entre una posición retraída, como se muestra en las Figuras 3A, 3D, 3F, 3H y 3J, y una posición extendida, como se muestra en las Figuras 3B, 3C, 3E, 3G, 3I y 3K. En la posición retraída, el brazo de corte 304 se retrae dentro del rebaje 312 del brazo de forma que el borde de corte 322 se orienta hacia y pueda acoplarse a la superficie de tope 314. En la posición extendida, el extremo de corte 318 del brazo de corte 304 se extiende más allá de la superficie de guía 306 para exponer el cabezal de corte 326 y la cuchilla 328 y la superficie de leva 324 en el extremo de pivote 316 se acopla con la superficie de tope 314 para sujetar el brazo de corte 304 contra la fuerza aplicada al cabezal de corte 326 en el lado del borde de corte del mismo (es decir, contra la presión aplicada a la cuchilla de corte 328).

Como se observa mejor en las Figuras 3D y 3E, en el ejemplo ilustrado, el brazo de corte 304 está acoplado de forma pivotante al cuerpo principal 302 mediante un pasador de pivote 330 que pasa a través de una abertura de pivote 332 en el extremo de pivote 316 del brazo de corte 304. Un extremo 334 del pasador de pivote 330 se recibe en un rebaje 336 del pasador de pivote en el mismo lado axial del rebaje 312 del brazo que el rebaje 310 de la varilla de accionamiento y el otro extremo del pasador de pivote 330 se recibe en un receptáculo de casquillo 340. Un casquillo 342 (o, como alternativa, un cojinete tal como un cojinete de aguja) está dispuesto en el receptáculo de casquillo 340 en el lado axial opuesto del rebaje 312 del brazo desde el rebaje 310 de la varilla de accionamiento, y el otro extremo del pasador de pivote 330 está articulado en el casquillo 342. El casquillo 342 se mantiene en el receptáculo de casquillo 340 mediante un tornillo de fijación 344 que se recibe de forma roscada en un rebaje 346 para tornillo de fijación en el lado axial opuesto del rebaje 312 del brazo desde el rebaje 310 de la varilla de accionamiento. Más particularmente, el tornillo de fijación 344 atrapa el casquillo 342 contra un resalte 348 del casquillo.

Un miembro de desviación actúa entre el cuerpo principal 302 y el brazo de corte 304 para impulsar el brazo de corte 304 hacia la posición extendida. En el ejemplo ilustrado, el miembro de desviación toma la forma de un resorte helicoidal 350. El resorte helicoidal 350 rodea el pasador de pivote 330; con un brazo terminal del resorte helicoidal 350 engranándose con el cuerpo principal 302 y el otro brazo terminal del resorte helicoidal 350 engranándose con el brazo de corte 304.

En funcionamiento, el brazo de corte 304 se coloca en la posición retraída y la herramienta de corte 300 se inserta en el interior de la tubería 308. A pesar de la fuerza ejercida por el resorte helicoidal 348, siempre que la herramienta de corte 300 avance axialmente a lo largo del tubería 308 sin giro, la pared de la tubería 308 mantendrá el brazo de corte 304 sustancialmente en la posición retraída. Más particularmente, el borde posterior 320 del brazo de corte 304 se acoplará a la superficie interior 350 de la tubería 308, de forma que incluso si el brazo de corte 304 se mueve ligeramente desde la posición completamente retraída, el brazo de corte 304 no puede moverse completamente a la posición extendida y el lado del borde de corte del cabezal de corte 326 que tiene la cuchilla 328 no está expuesto. Es más, mientras se avanza la herramienta de corte 300 a lo largo de la tubería 308, girar el cuerpo principal 302 en la misma dirección en que pivota el brazo de corte 304 de la posición retraída a la posición extendida puede ayudar a evitar que el brazo de corte 304 gire a la posición extendida.

Una vez que la herramienta de corte 300 ha avanzado hasta la posición deseada en la tubería 308, el brazo de corte 304 se puede mover a la posición extendida girando el cuerpo principal 302 en dirección opuesta a la dirección en la que el brazo de corte 304 pivota de la posición retraída a la posición extendida, como se muestra por la flecha 352 en las Figuras 3E y 3F. Debido a que el eje de pivote P está desplazado lateralmente del eje de giro central R del cuerpo principal 302, este giro permitirá que el brazo de corte 304 pivote, bajo la presión del resorte helicoidal 348, hacia la posición extendida en la que el cabezal de corte 326 y la cuchilla 328 están expuestos. Esto se muestra mediante la flecha 354 en la Figura 3G. Una vez que el brazo de corte 304 alcanza la posición extendida y está reforzado por el acoplamiento de la superficie de leva 324 con la superficie de tope 314, el giro continuo del cuerpo principal 302 hará que la cuchilla 328 corte la tubería 308, como se muestra en las Figuras 3C y 3E. El giro del cuerpo principal 302 puede continuar hasta que la cuchilla 328 haya atravesado completamente la circunferencia de la tubería 308 para cortar la tubería 308. El brazo de corte extendido 304 actúa después como un gancho para permitir que la porción superior del tubo cortado 308 (por ejemplo, la porción cortada por encima del sello 150) se tire hacia arriba y se retire.

Ciertas realizaciones ilustrativas se han descrito a modo de ejemplo. Será evidente para los expertos en la materia que se pueden realizar una serie de variaciones y modificaciones sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para instalar un intercambiador de calor geotérmico (112, 212), comprendiendo el método:

5 en un sitio (102), perforar un pozo (106) hasta una profundidad objetivo (D) del pozo en el sitio (102);
después de perforar el pozo (106), insertar un intercambiador de calor geotérmico (112, 212) en el pozo (106)
hasta una profundidad deseada de intercambiador de calor,
después de insertar el intercambiador de calor (112, 212) en el pozo (106), asegurar el intercambiador de calor
10 (112, 212) en el pozo (106) a la profundidad deseada del intercambiador de calor;
en donde, cuando el intercambiador de calor (112, 212) ha sido asegurado en el pozo (106):

el intercambiador de calor (112, 212) tiene un extremo distal cerrado (118, 118A, 118B, 218) y un extremo
proximal abierto (138); y
15 el intercambiador de calor (112, 212) tiene al menos una trayectoria de fluido entre el extremo distal cerrado
(118, 118A, 118B, 218) y el extremo proximal abierto (138);

y el fluido de instalación (115) se dispone en cada trayectoria de fluido del intercambiador de calor (112, 212); y
después de asegurar el intercambiador de calor (112, 212) en el pozo (106) y antes de la excavación de una
porción (140) del sitio (102) que rodea inmediatamente el pozo (106), sellar temporalmente el intercambiador de
20 calor (112, 212) entre el extremo distal cerrado (118, 118A, 118B, 218) y el extremo proximal abierto (138)
instalando, a través del extremo proximal abierto (138), al menos un sello interno respectivo (142, 142A, 142B) en
cada trayectoria de fluido, en donde para cada trayectoria de fluido, el al menos un sello interno (142, 142A, 142B)
se dispone debajo de una profundidad de subrasante hipotética respectiva (144A, 144B, 144C);
después de sellar el intercambiador de calor (112, 212), cortar el intercambiador de calor (112, 212) por encima
25 del más superior del al menos un sello (142, 142A, 142B) para producir al menos una porción cortada por encima
del sello (150) del intercambiador de calor (112, 212);
después de cortar el intercambiador de calor (112, 212), retirar cada porción cortada por encima del sello (150) del
intercambiador de calor (112, 212) y excavar una porción del sitio (102) que rodea inmediatamente el pozo (106);
30 en donde la excavación de la porción del sitio (102) que rodea inmediatamente el pozo (106) está por encima de
la profundidad de subrasante hipotética más baja (144A, 144B, 144C); y
después de excavar la porción del sitio (102) que rodea inmediatamente el pozo (106), retirar los sellos (142, 142A,
142B) para la conexión del intercambiador de calor (112, 212) a los conductos de suministro/retorno (156).

2. El método de la reivindicación 1, en donde el corte del intercambiador de calor (112, 212) y la retirada de cada
35 porción cortada por encima del sello (150) del intercambiador de calor (112, 212) se llevan a cabo antes de la
excavación del sitio (102).

3. El método de la reivindicación 1, en donde el corte del intercambiador de calor (112, 212) se lleva a cabo insertando
40 una herramienta de corte de tuberías (300) en el extremo proximal abierto (138) y cortando el intercambiador de calor
(112, 212) desde el interior.

4. El método de la reivindicación 1, en donde el corte del intercambiador de calor (112, 212) y la retirada de cada
porción cortada por encima del sello (150) del intercambiador de calor (112, 212) se llevan a cabo durante la
excavación del sitio (102), y preferiblemente mediante uno de:

45 corte realizado mediante el uso de una herramienta especializada de corte de tuberías (300); y
corte realizado incidentalmente mediante la maquinaria de excavación (152) durante la excavación de la porción
(140) del sitio (102) que rodea inmediatamente el pozo (106).

50 5. El método de la reivindicación 1, que comprende, además:
después de asegurar el intercambiador de calor (112, 212) en el pozo (106) y antes de la excavación del sitio (102),
probar el intercambiador de calor (112, 212).

6. El método de la reivindicación 1, en donde el fluido de instalación (115) permanece en el intercambiador de calor
55 (112, 212) durante la fijación del intercambiador de calor (112, 212) en el pozo (106) y el sellado temporal del
intercambiador de calor (112, 212).

7. El método de la reivindicación 1, en donde el intercambiador de calor (112) es un bucle en U.

60 8. El método de la reivindicación 7, en donde el intercambiador de calor (112) es uno de entre un bucle en U individual
y un bucle en U múltiple.

9. El método de la reivindicación 1, en donde el intercambiador de calor (212) es al menos un tubo exterior (214) de
un intercambiador de calor concéntrico (212).

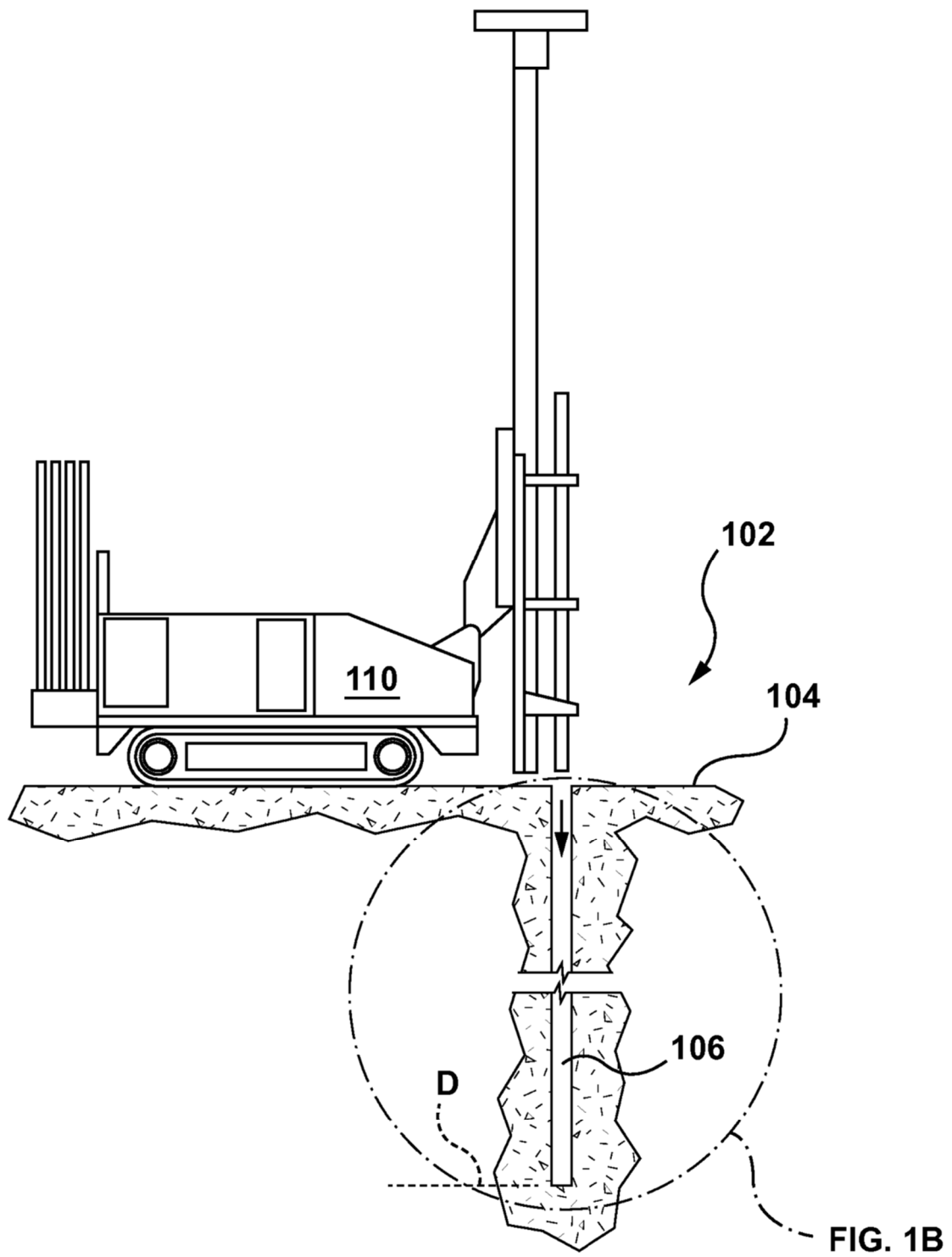


FIG. 1A

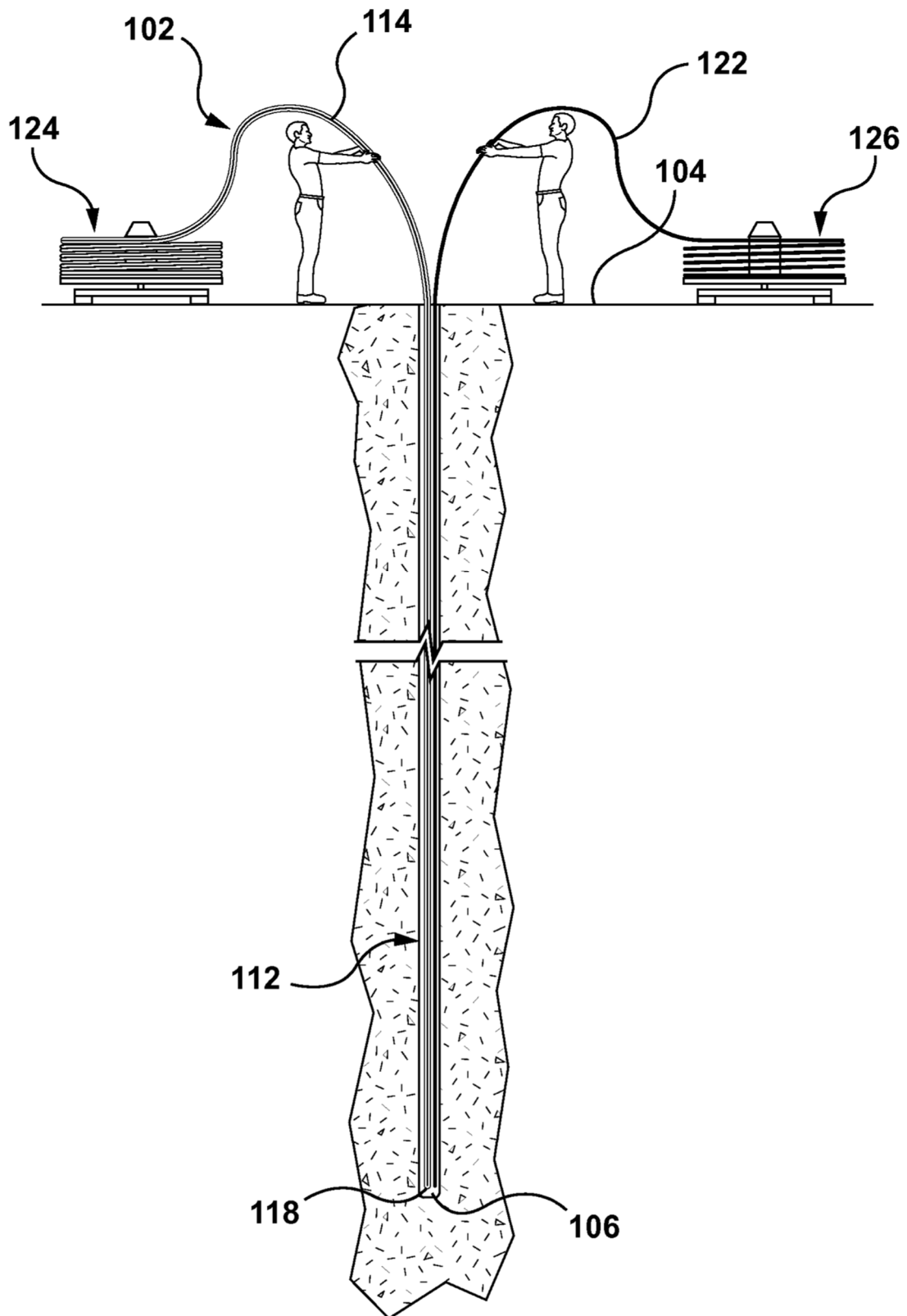


FIG. 1B

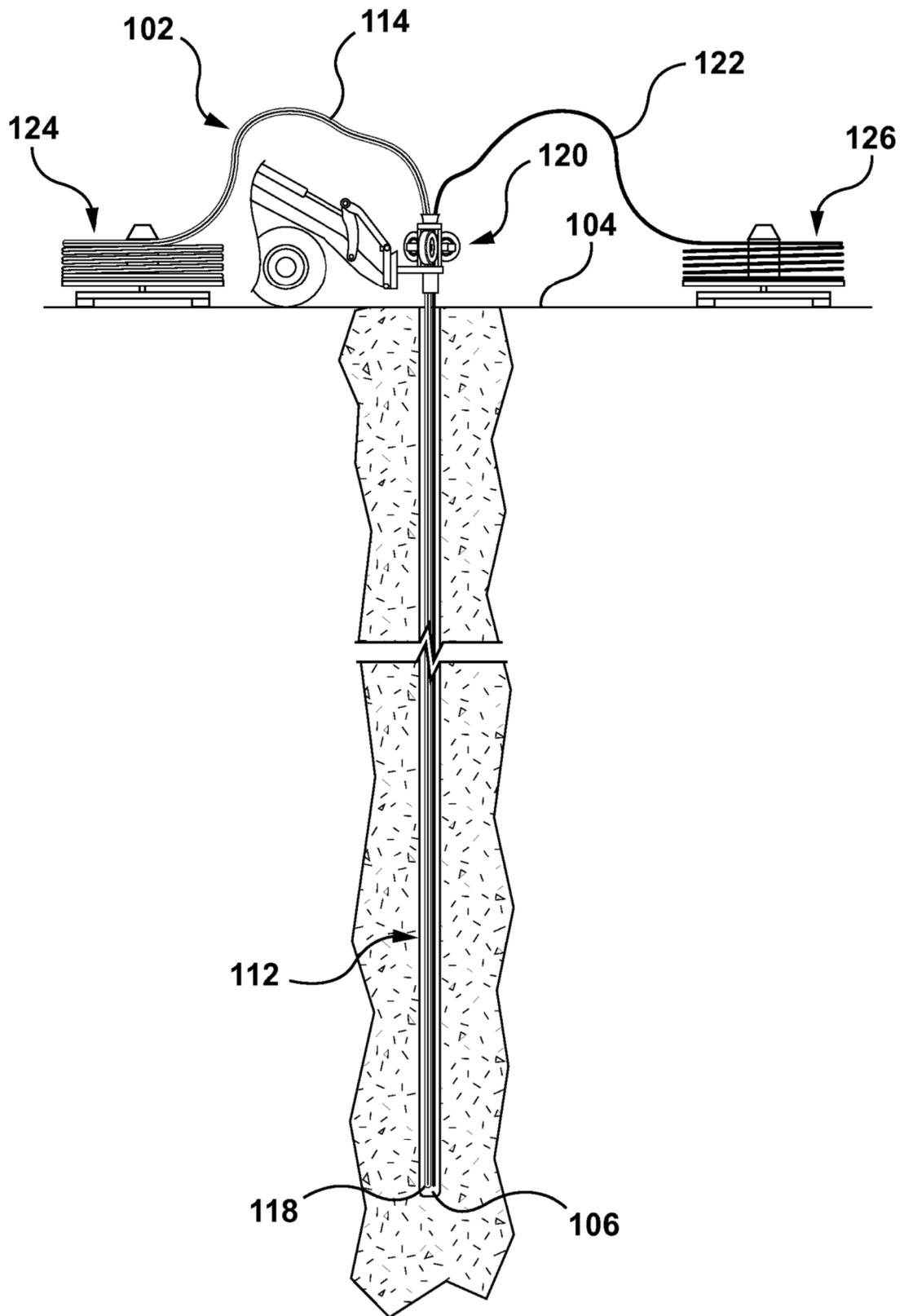


FIG. 1Ba

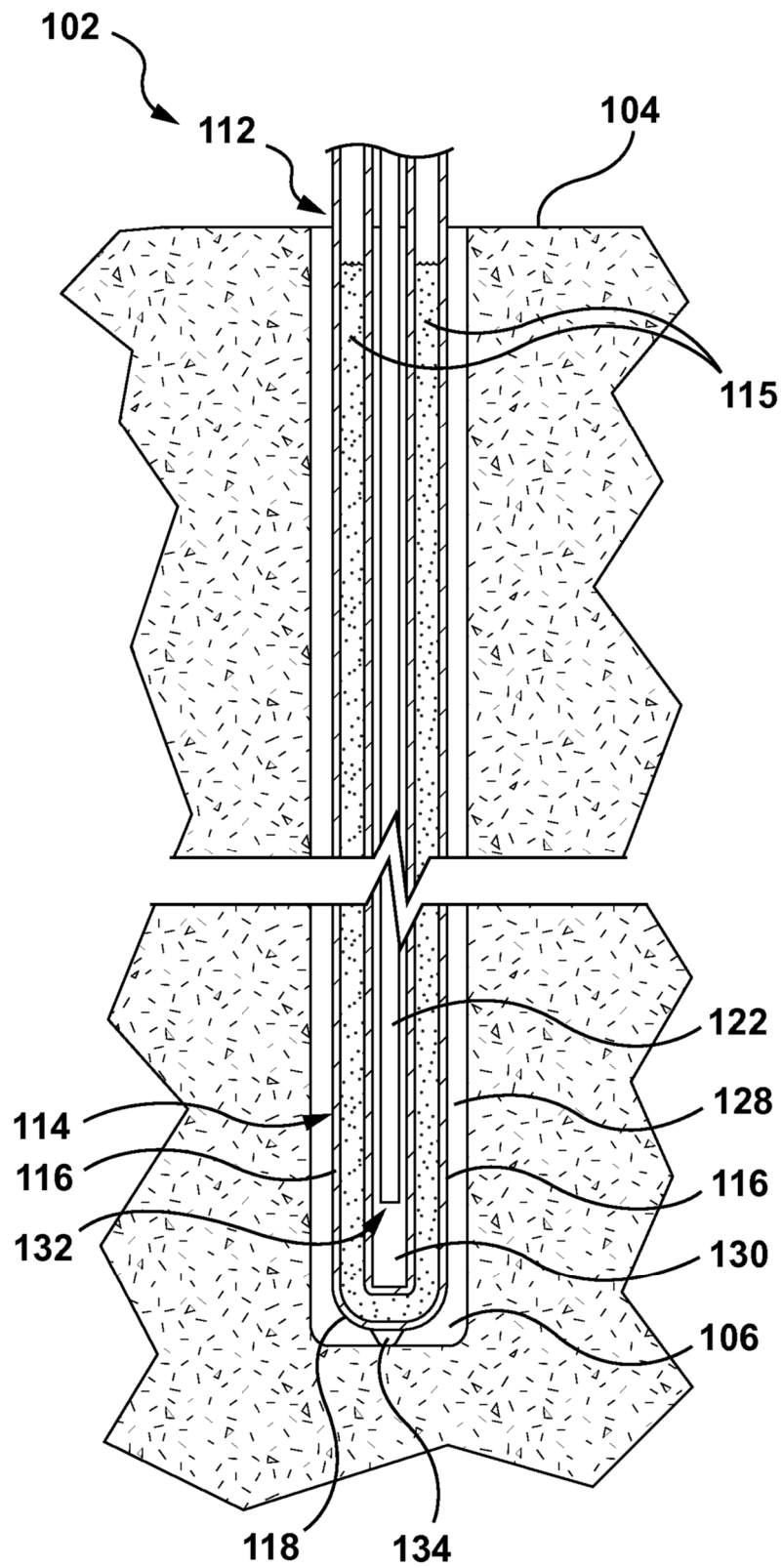


FIG. 1C

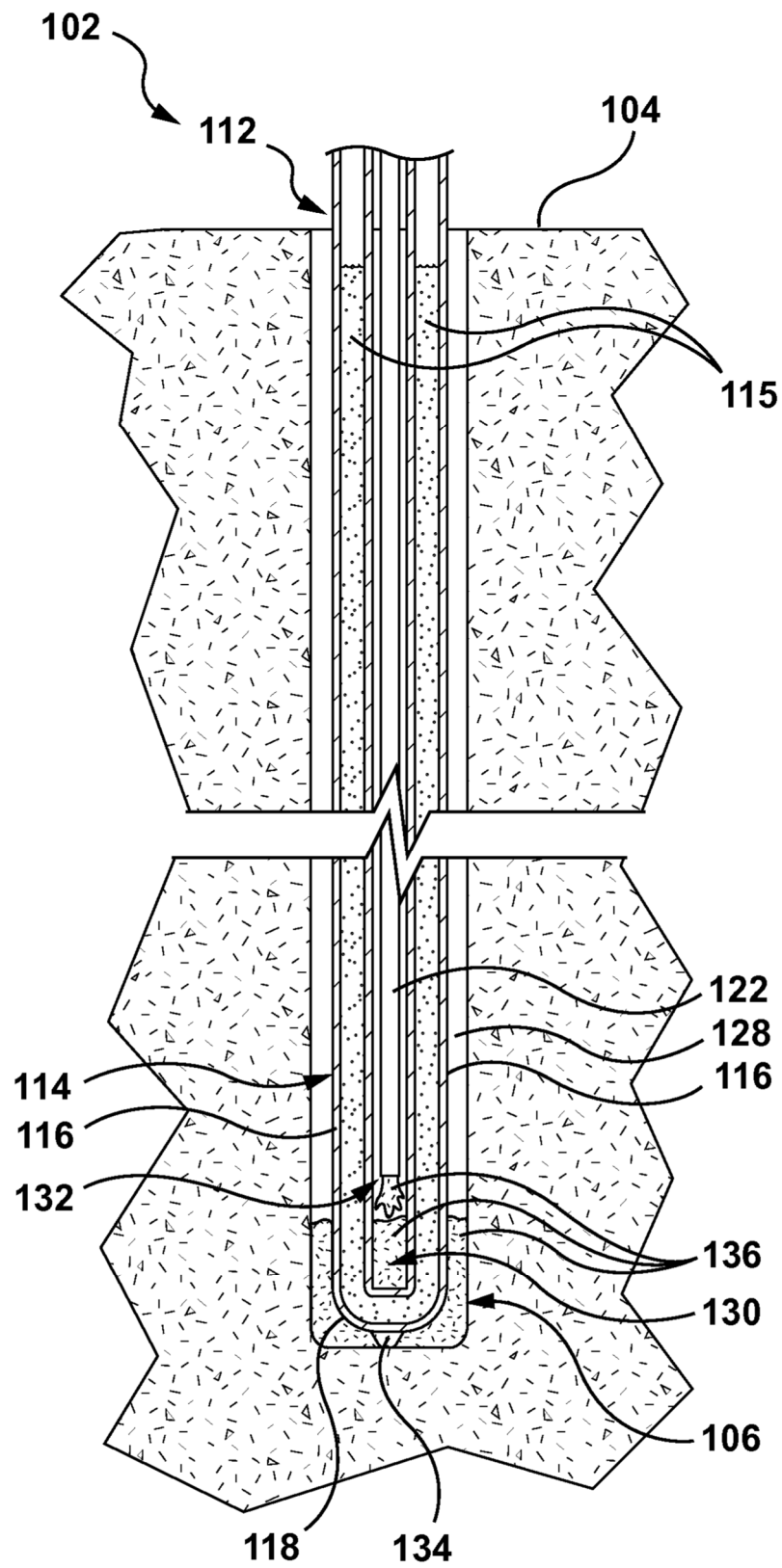


FIG. 1D

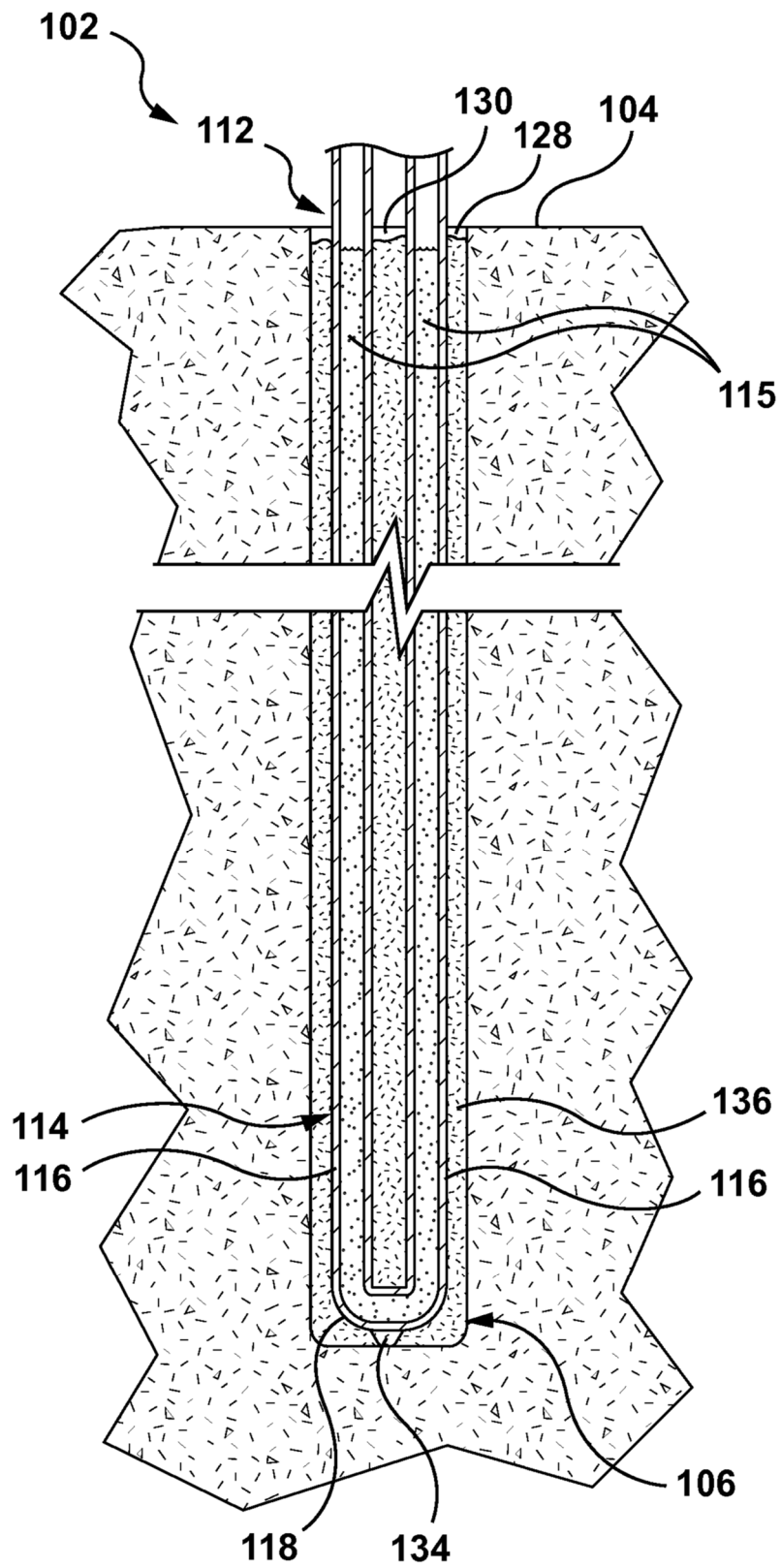


FIG. 1E

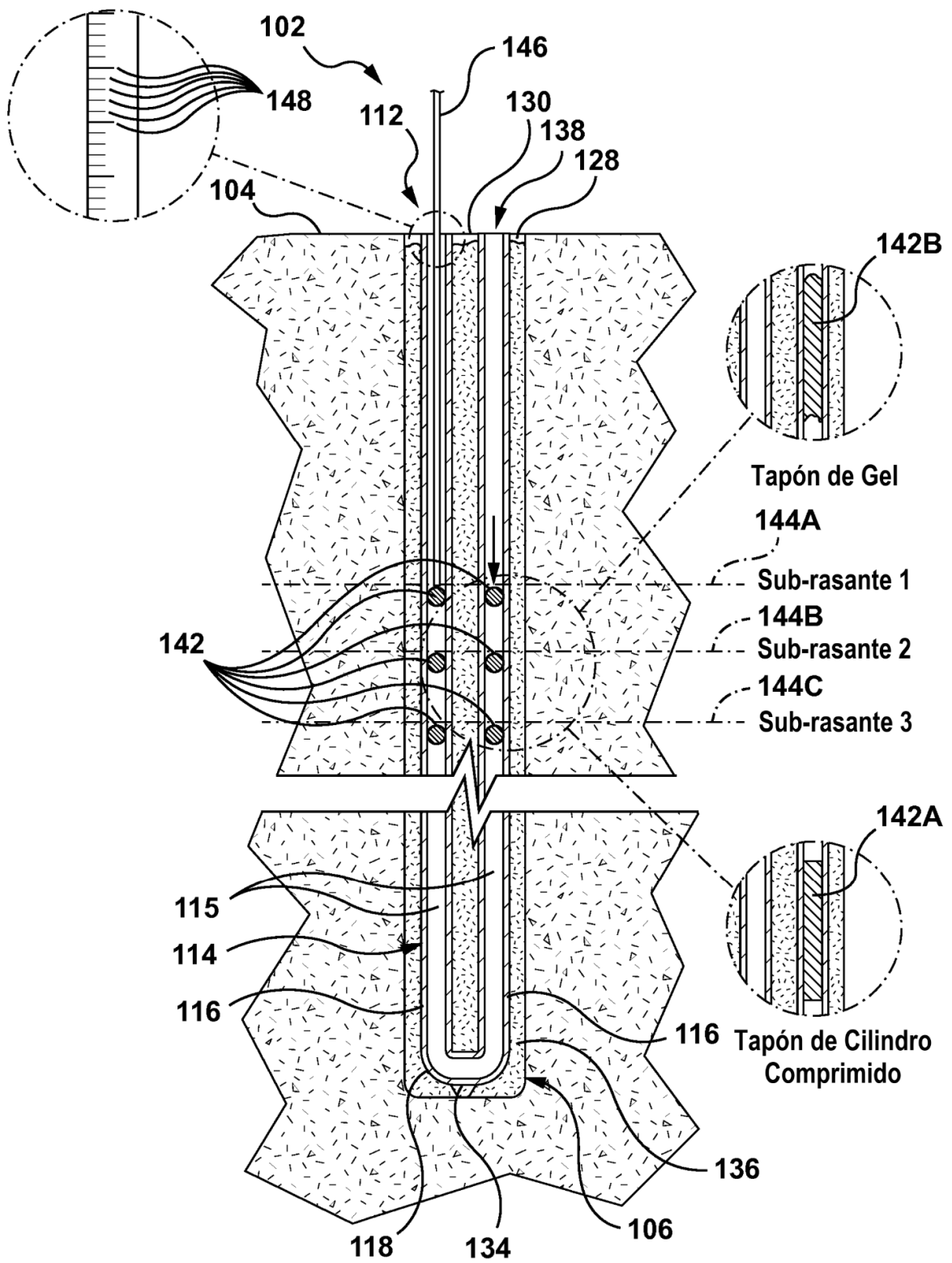


FIG. 1F

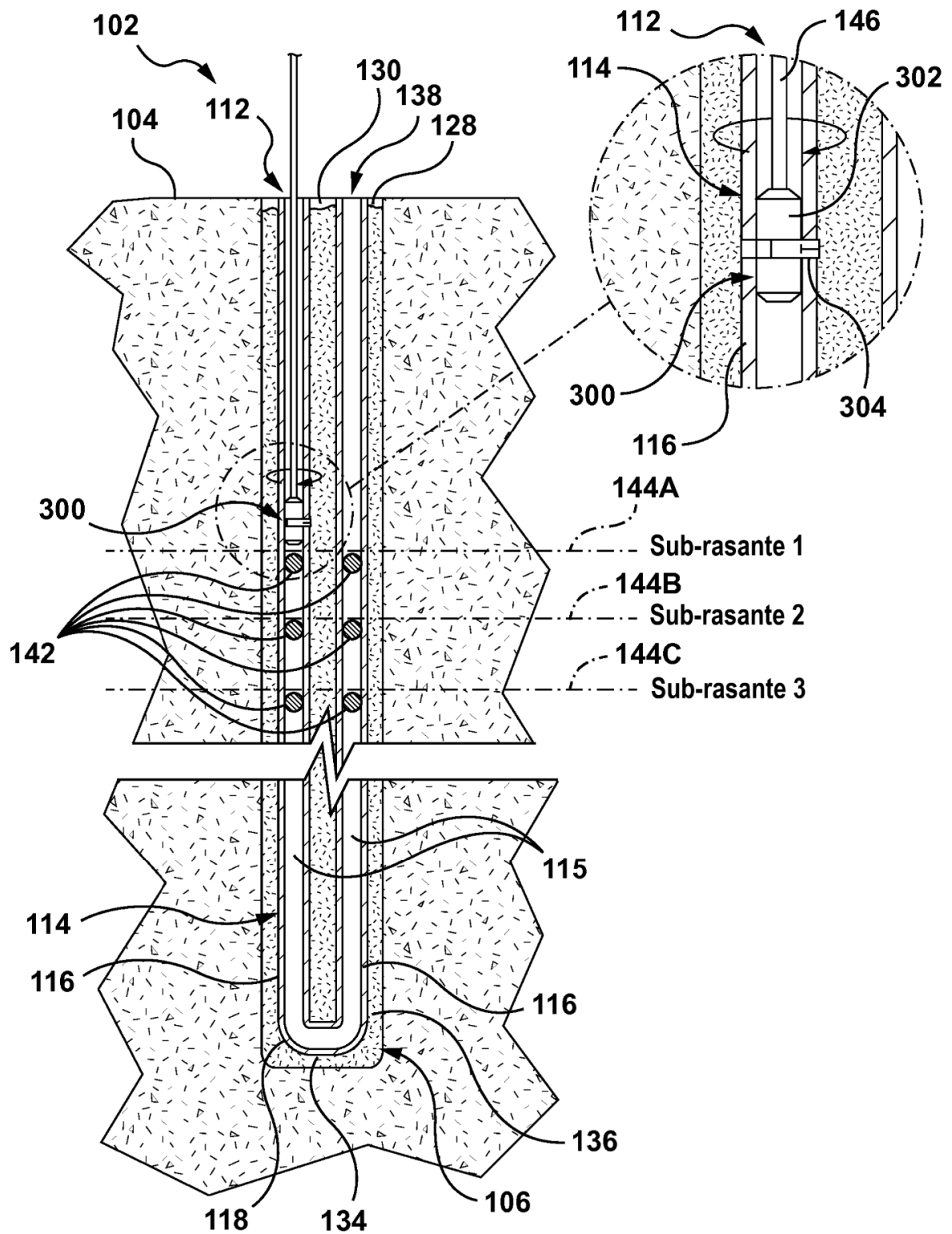


FIG. 1G

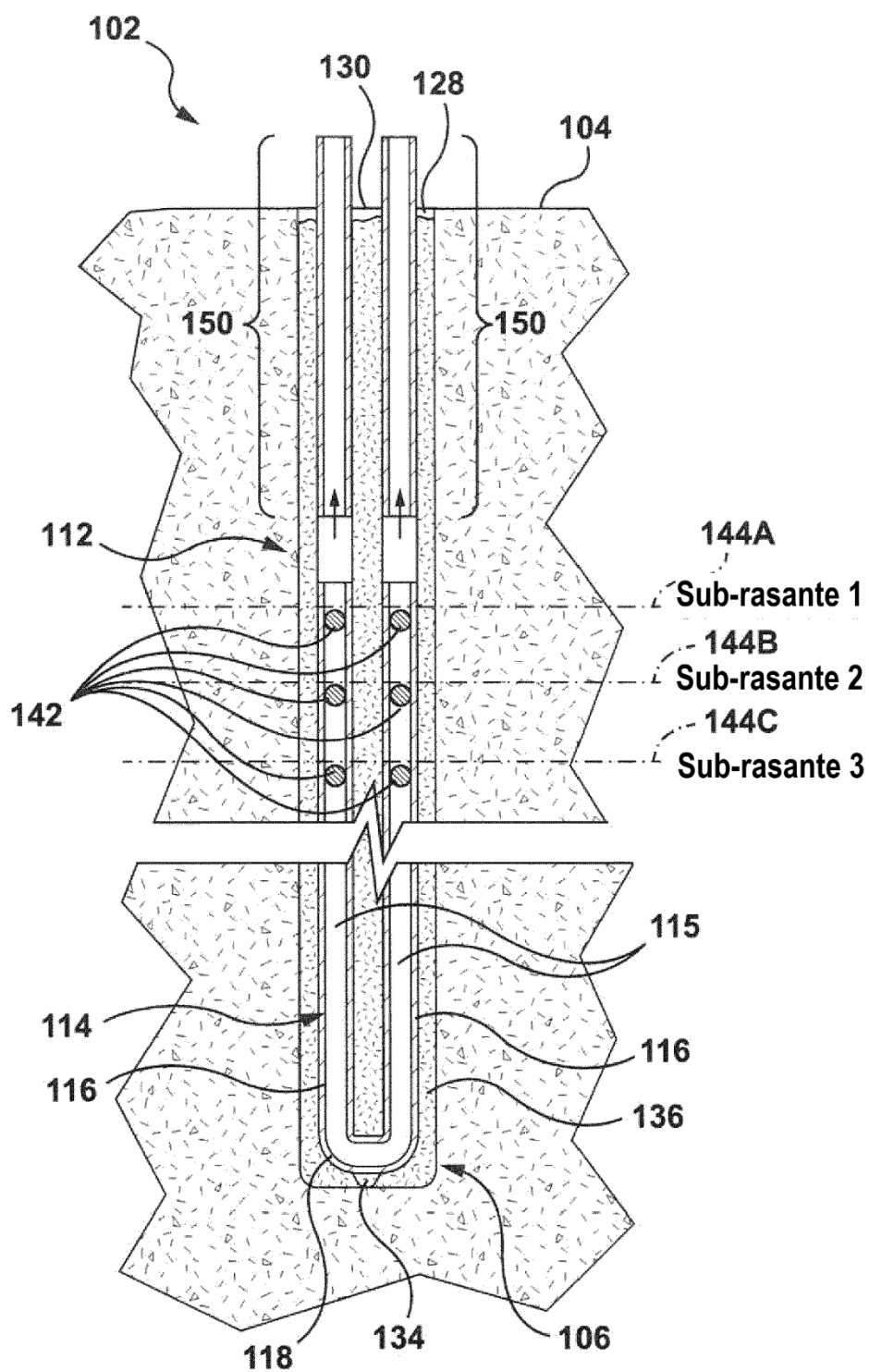


FIG. 1H

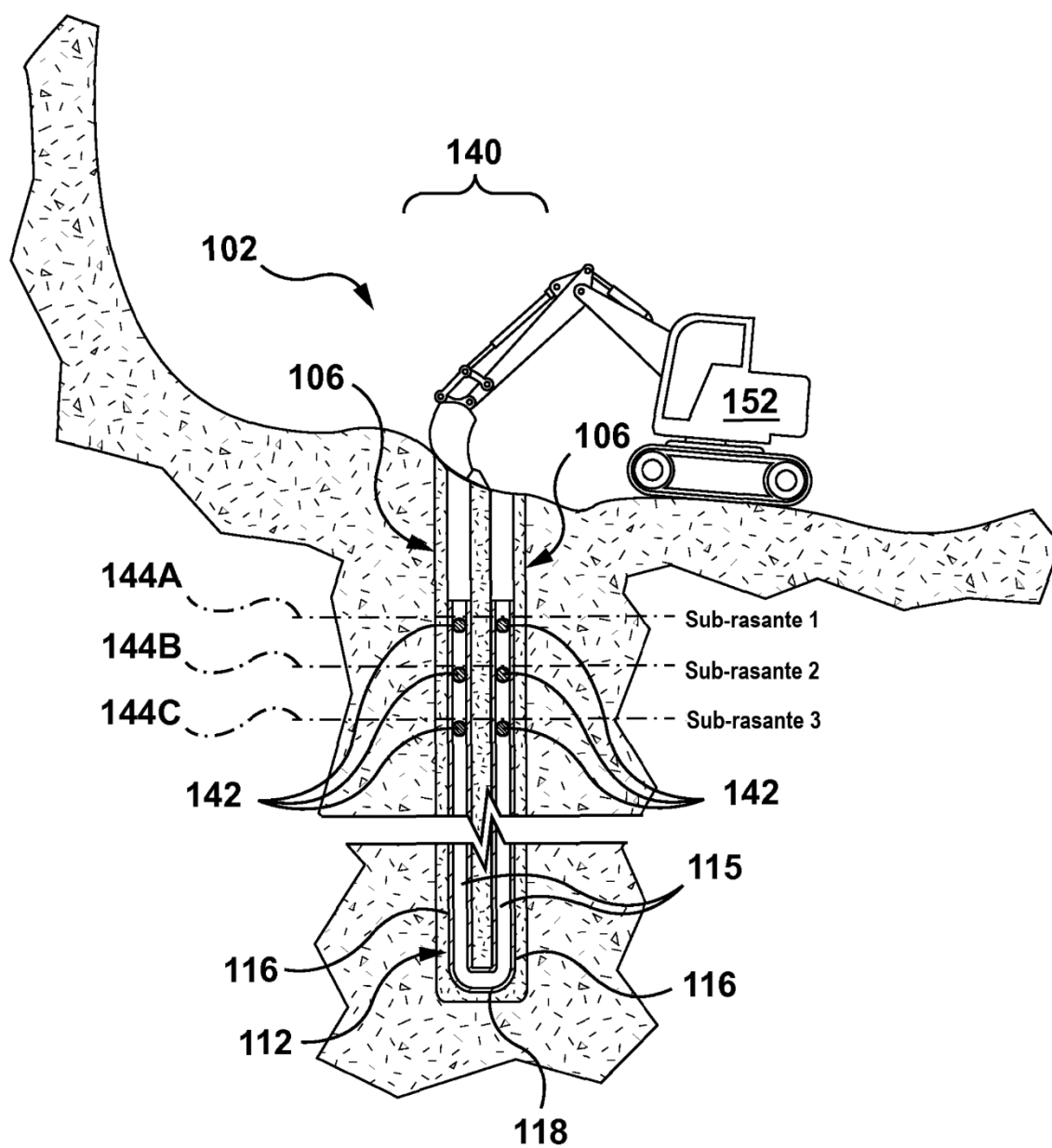


FIG. 1I

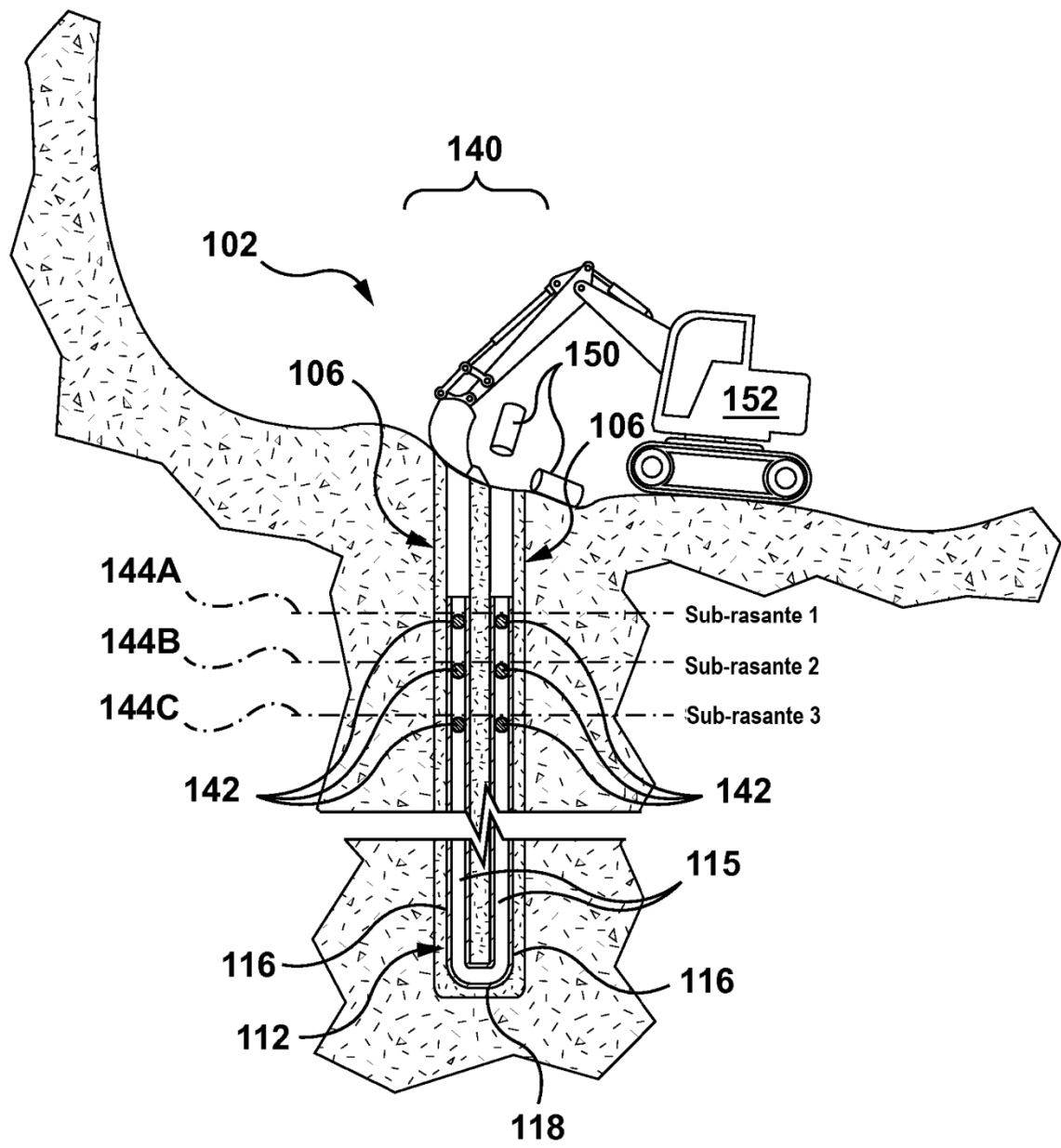


FIG. 1la

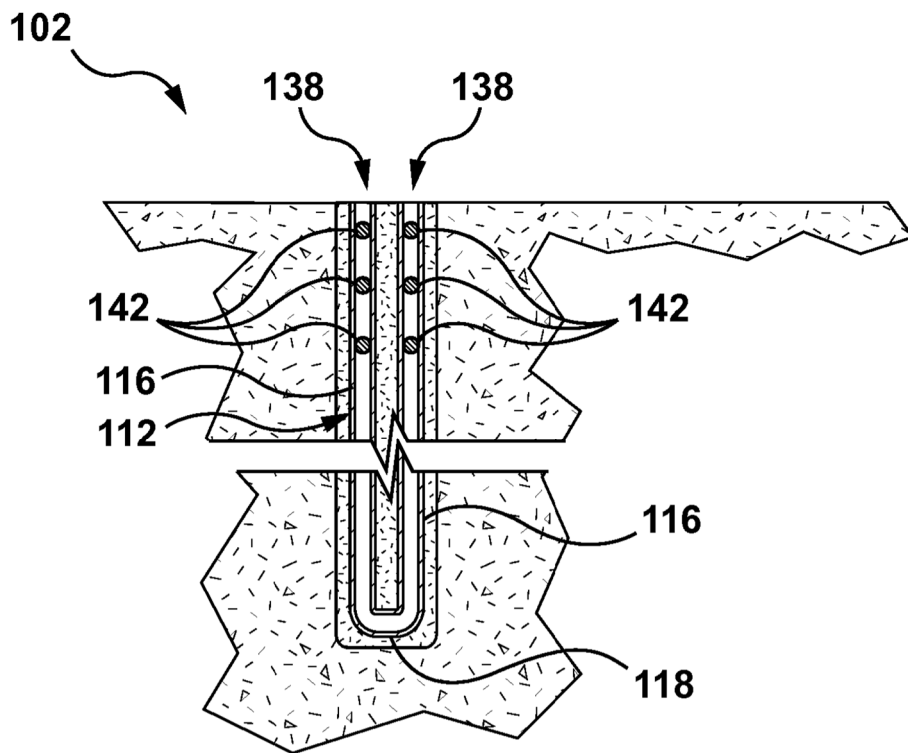


FIG. 1J

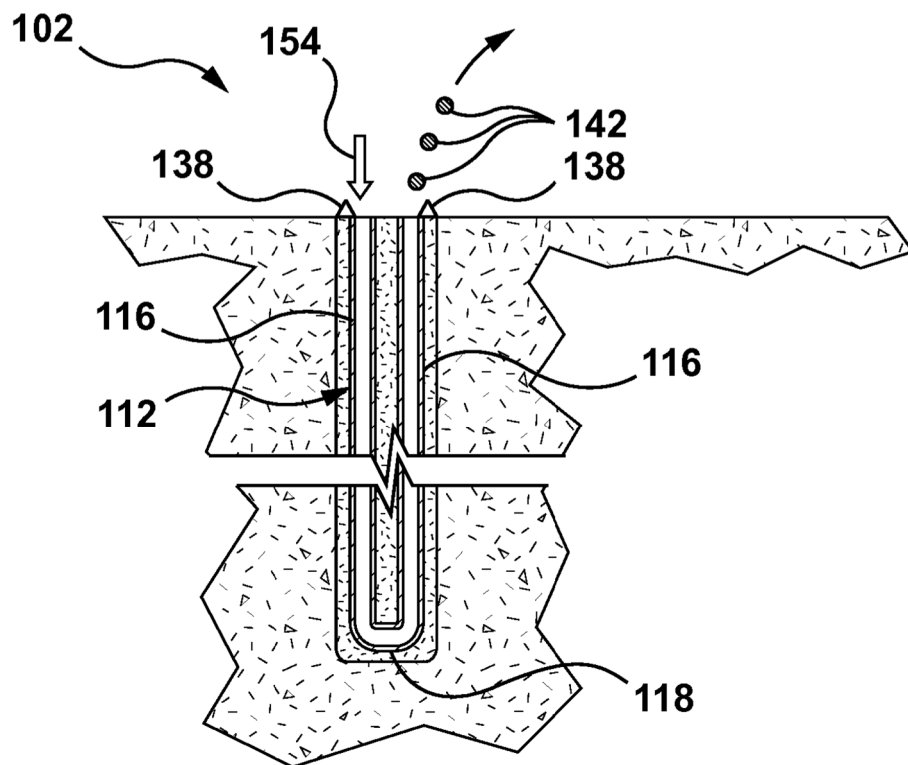


FIG. 1K

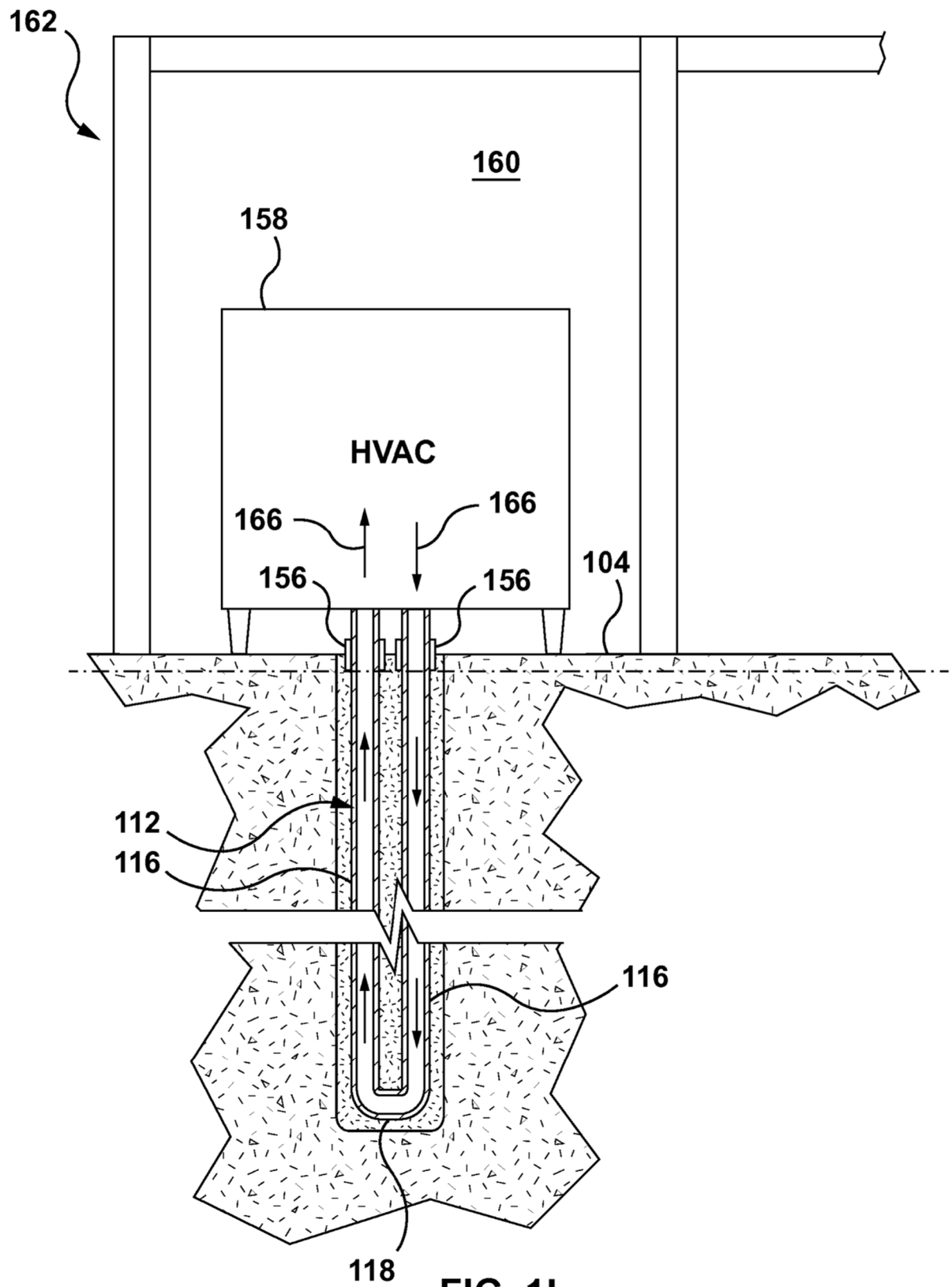


FIG. 1L

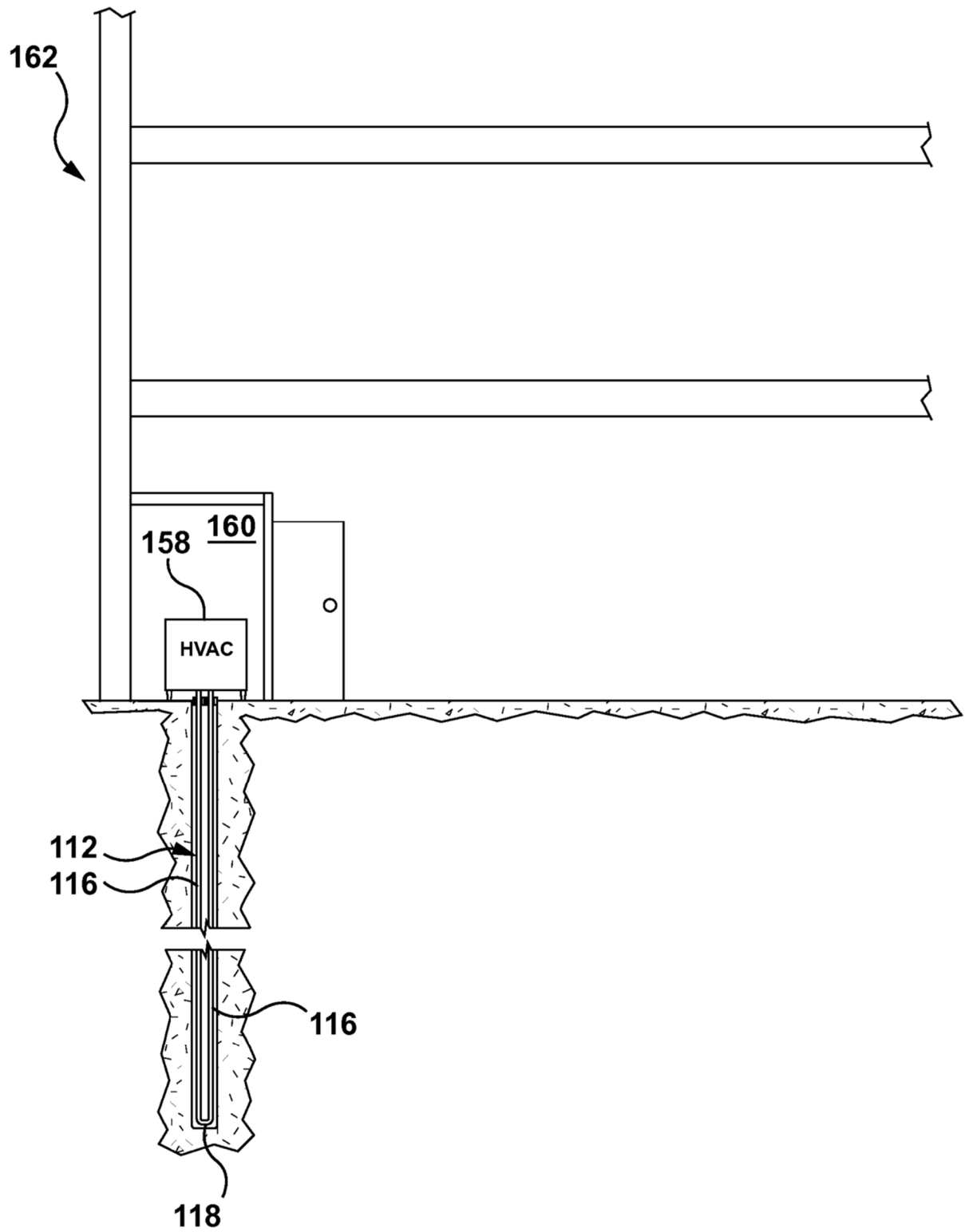


FIG. 1M

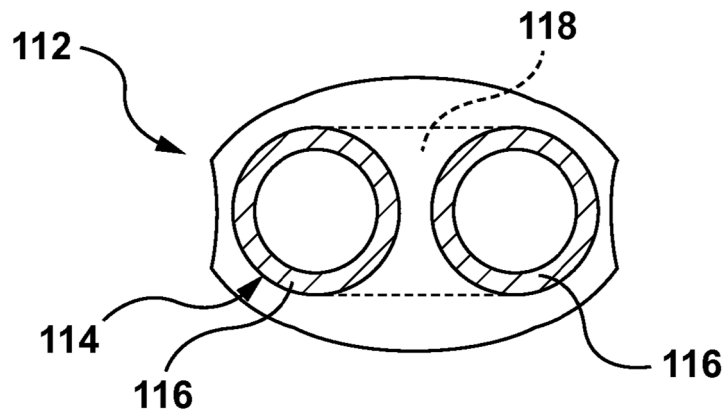


FIG. 2A

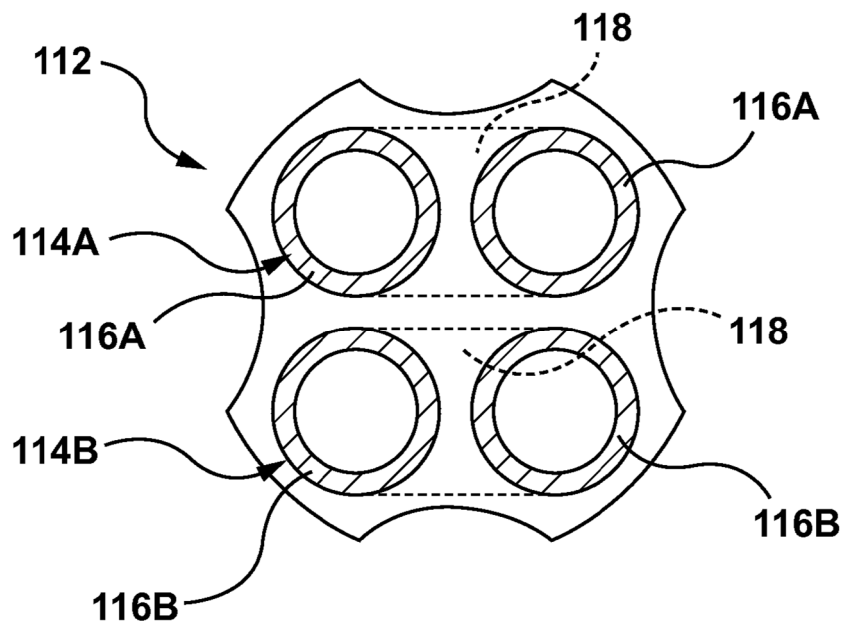


FIG. 2B

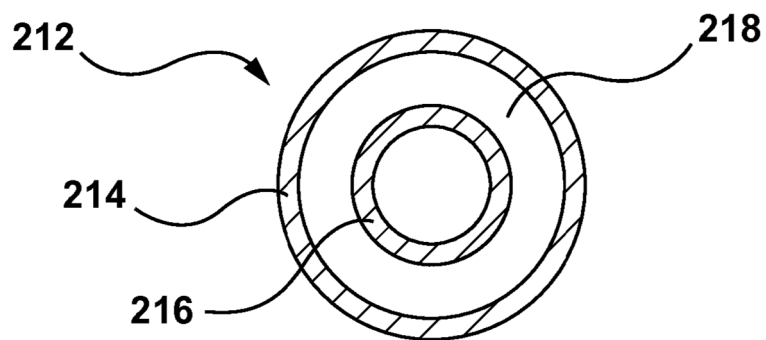


FIG. 2C

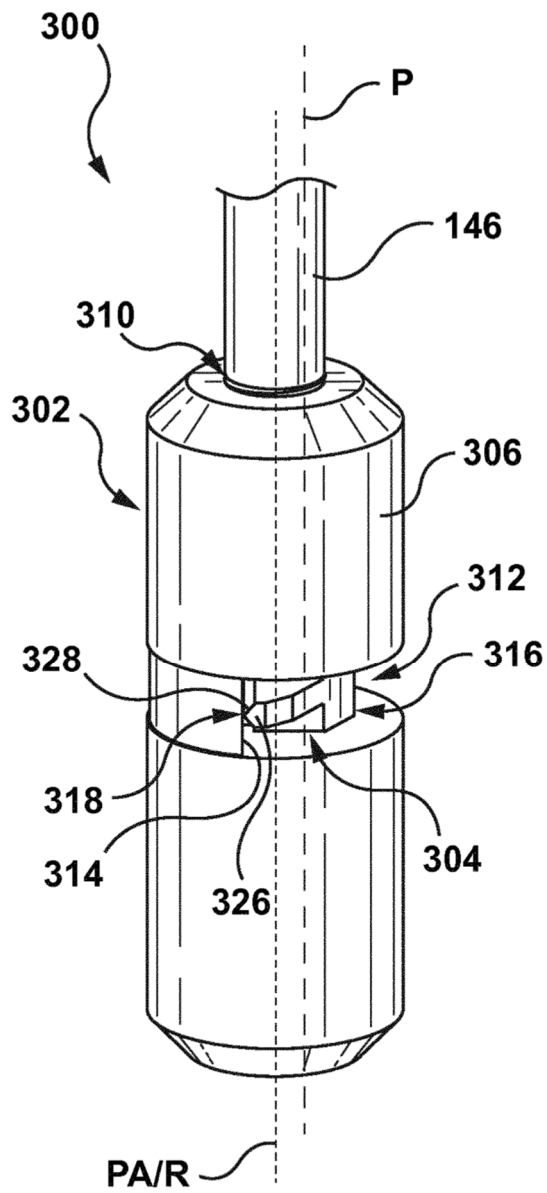


FIG. 3A

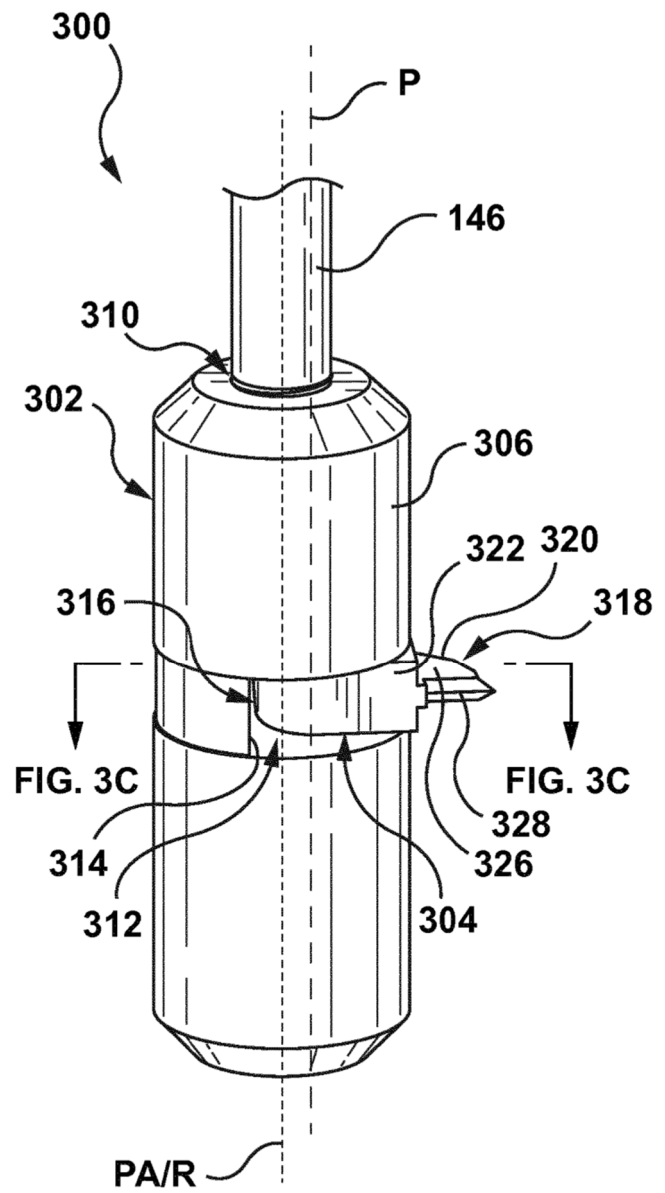


FIG. 3B

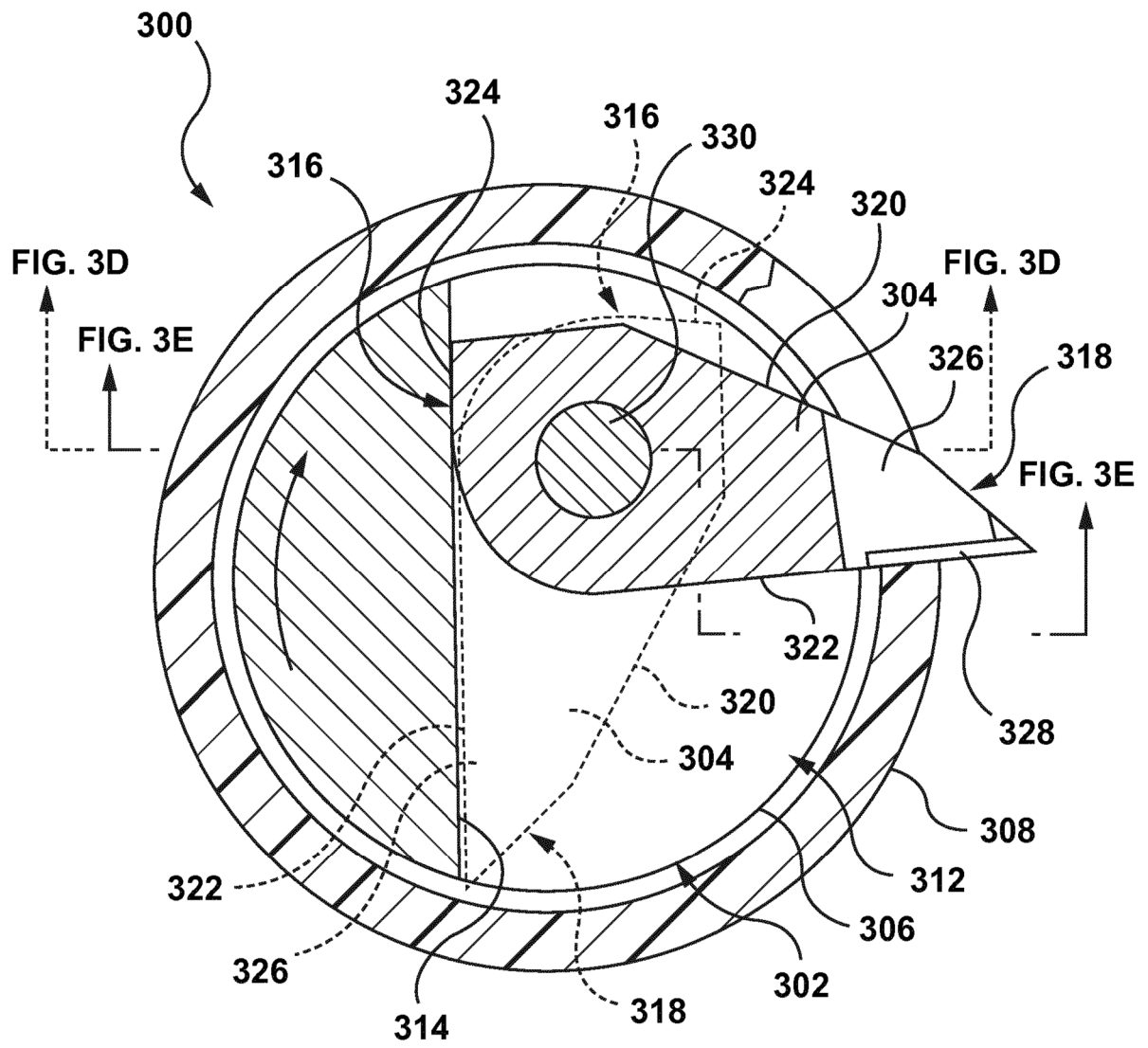


FIG. 3C

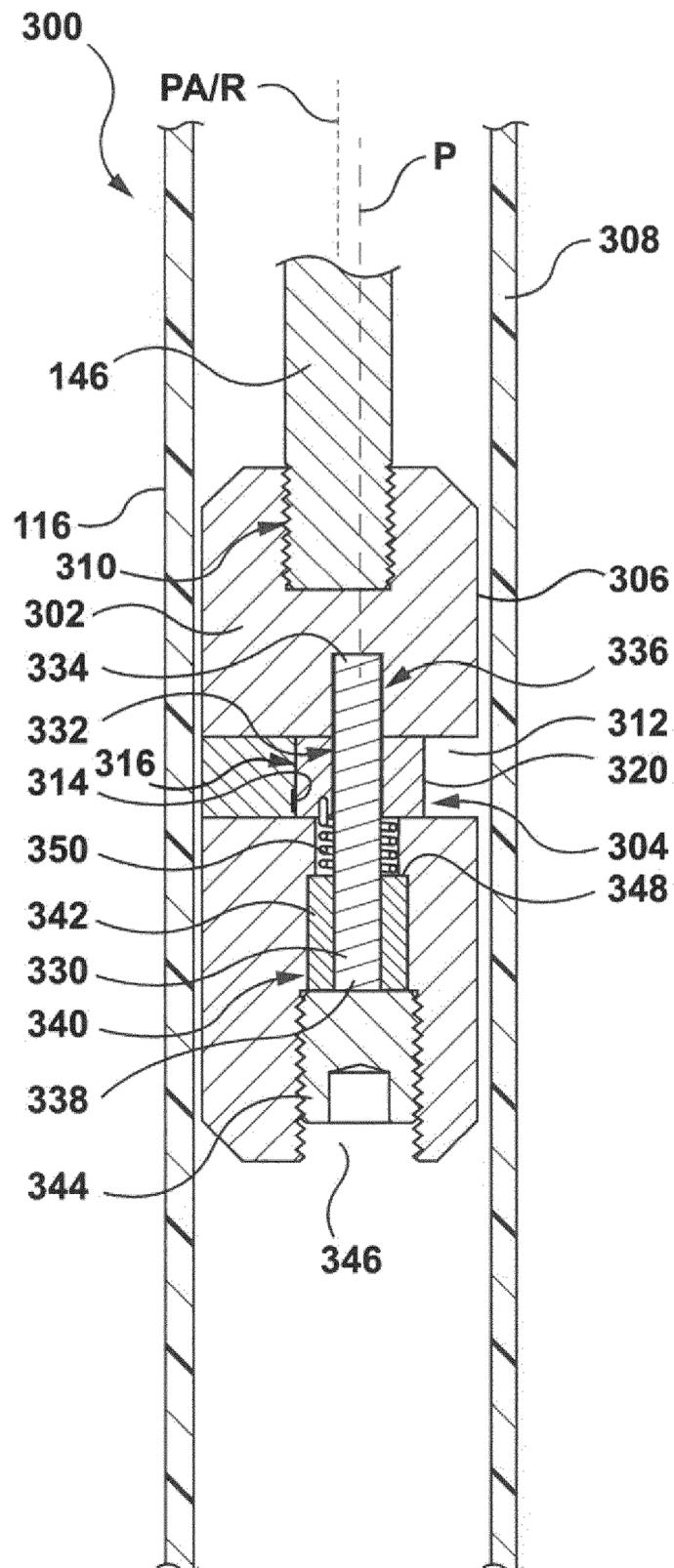


FIG. 3D

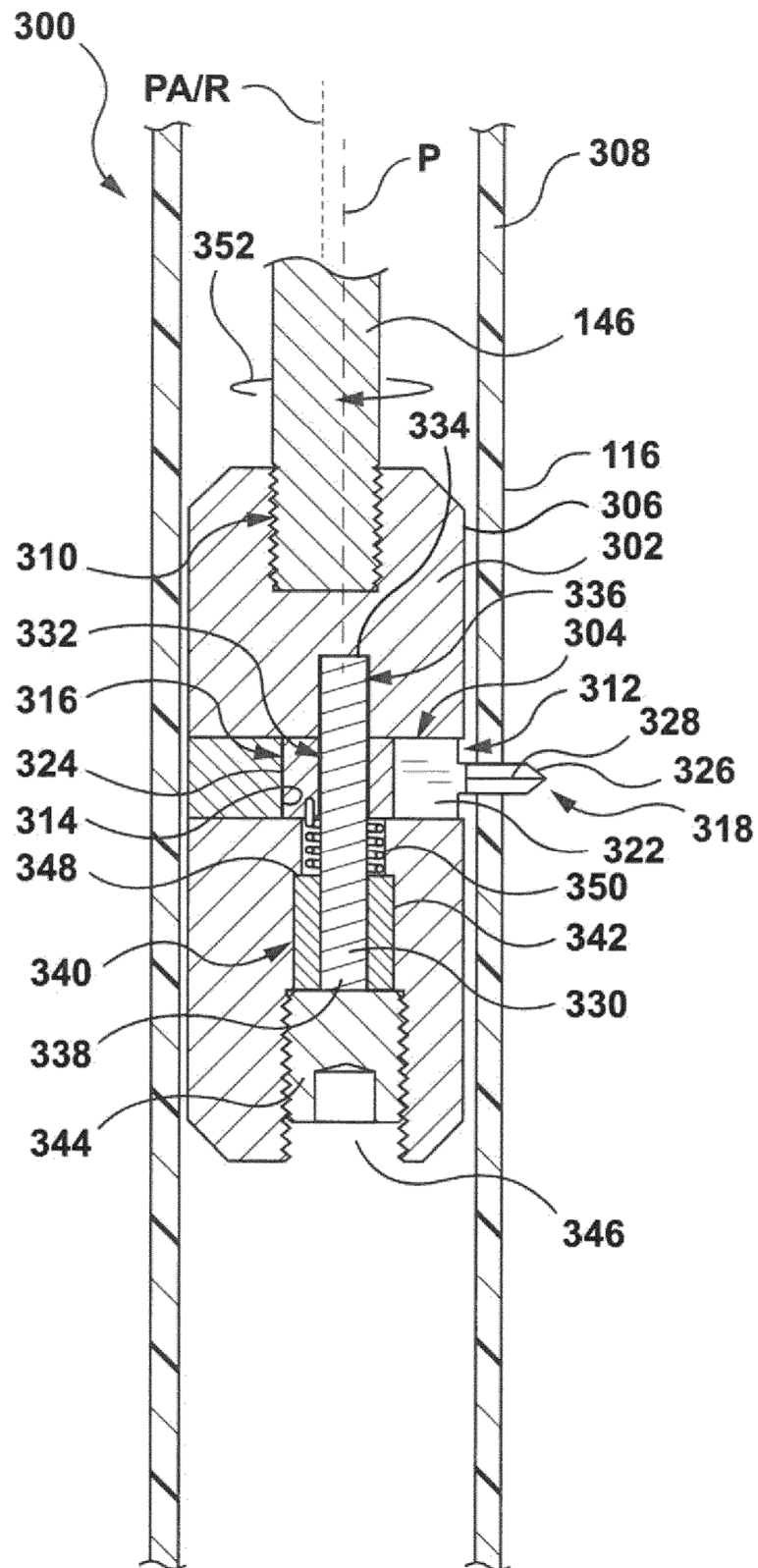


FIG. 3E

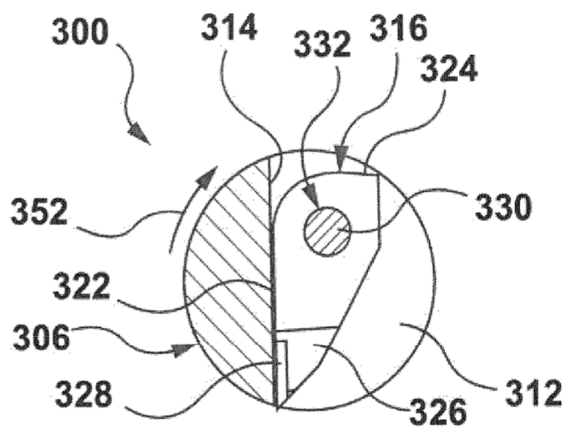


FIG. 3F

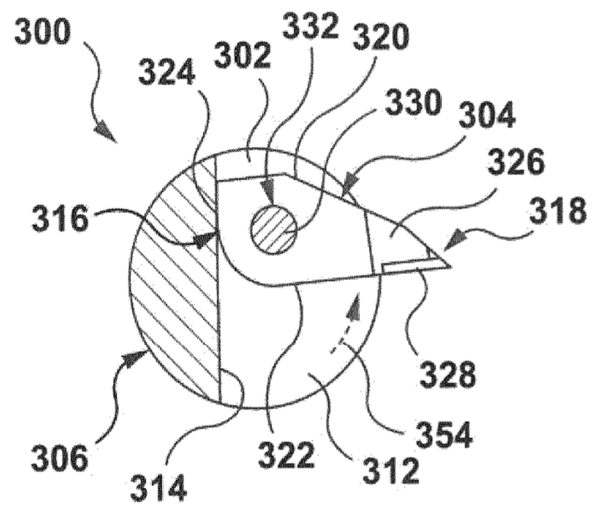


FIG. 3G

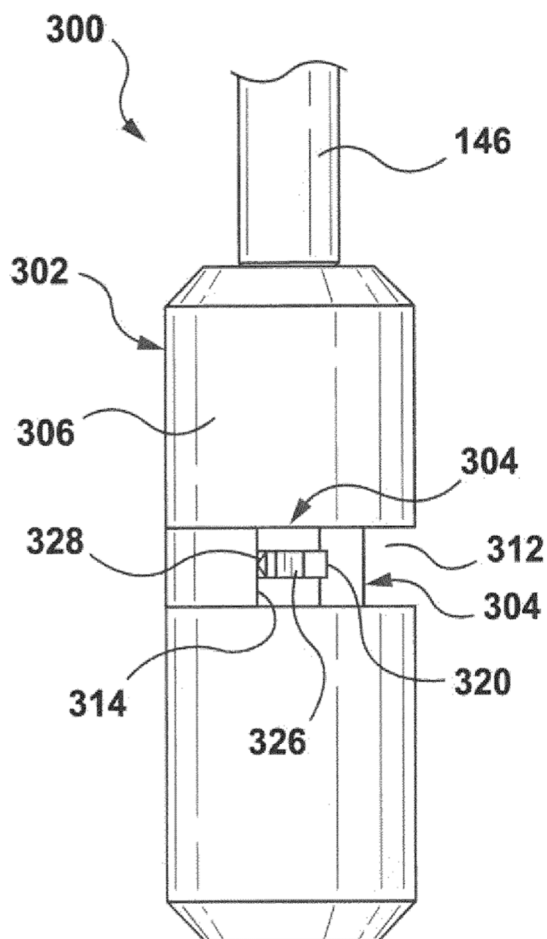


FIG. 3H

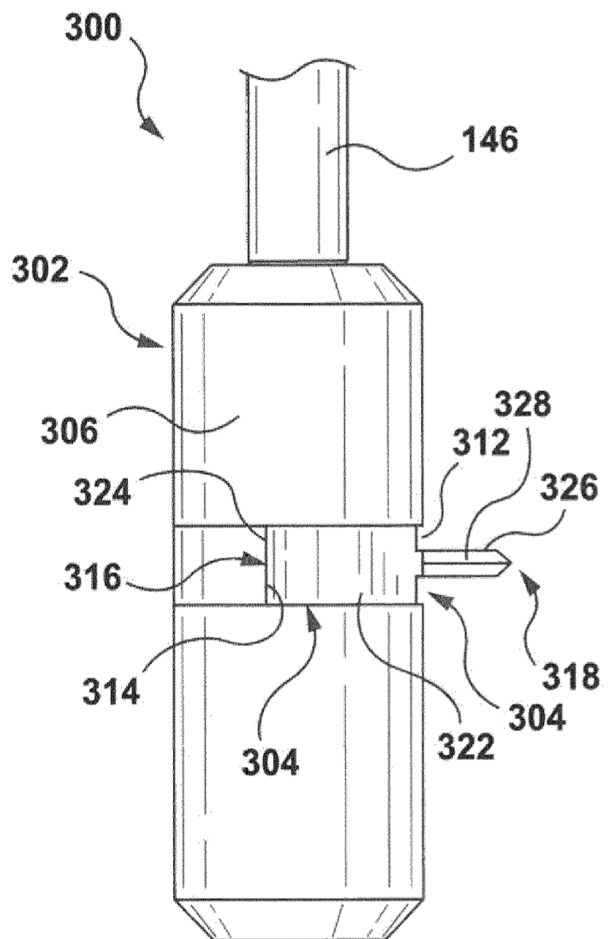


FIG. 3I

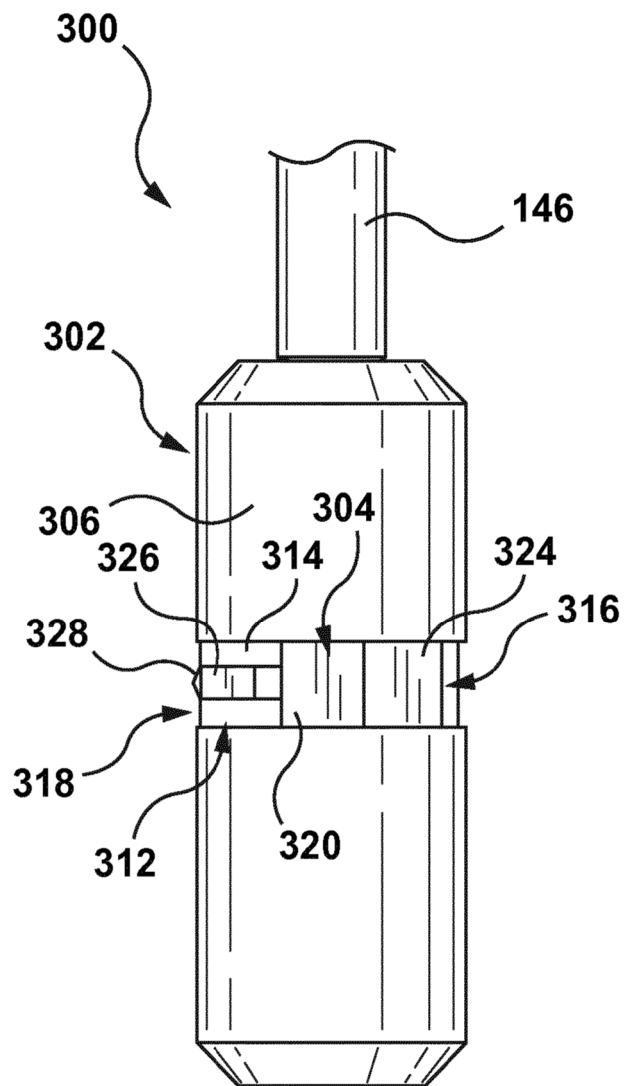


FIG. 3J

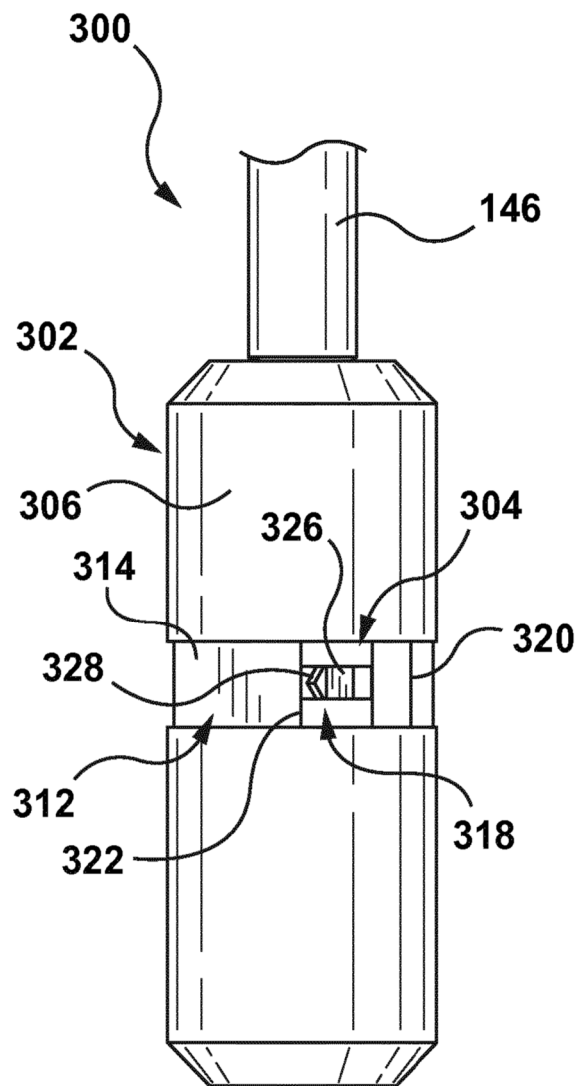


FIG. 3K