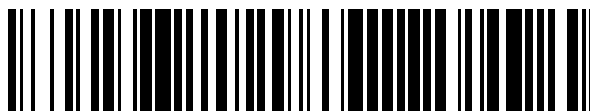


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 622 337**

51 Int. Cl.:

E02D 5/74 (2006.01)

E02D 5/80 (2006.01)

E02D 7/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2013 PCT/FR2013/052797**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.06.2014 WO14083263**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2013 E 13808085 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2017 EP 2925935**

54 Título: **Procedimiento de colocación y de sellado de un elemento tubular en un suelo bajo una carga de agua**

30 Prioridad:

29.11.2012 FR 1261442

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

06.07.2017

73 Titular/es:

**SOLETANCHE FREYSSINET (100.0%)
133 Boulevard National
92500 Rueil Malmaison, FR**

72 Inventor/es:

**DUMAY, JEAN-MICHEL y
BENZ-COLLANGE, NICOLE**

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 622 337 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

Procedimiento de colocación y de sellado de un elemento tubular en un suelo bajo una carga de agua

5 Sector de la técnica

La presente invención se refiere al campo de las técnicas de las perforaciones en el suelo que se ejecutan con el fin de mejorar las características del suelo y de realizar cimentaciones y obras de contención en el suelo, como se conoce por el documento EP 1939394 A.

10 La invención se refiere más precisamente a un procedimiento de colocación y de sellado de un elemento tubular en un suelo situado detrás de una pantalla. Por pantalla, también llamada pantalla de contención, se entienden principalmente, aunque no exclusivamente, los muros de hormigón y en particular los muros pantalla.

15 Estado de la técnica

Un elemento tubular de este tipo puede servir para inyectar un fluido en el suelo con el fin de mejorar las características físicas.

20 El elemento tubular puede también constituir un elemento estructural que permita fabricar un tirante de anclaje.

La invención se aplicará principalmente en el caso en que el suelo situado detrás de la pantalla esté dispuesto debajo de una carga de agua, tal como una capa freática. En este caso, el suelo está saturado de agua que presenta una presión muy elevada, pudiendo llegar en ciertos casos a hasta 10 MPa. Se sabe que la perforación y la colocación de un elemento tubular, como por ejemplo un tirante, bajo una capa freática son operaciones difíciles de ejecutar, principalmente debido al elevado valor de la presión de agua del suelo.

25

Objeto de la invención

30 Un objetivo de la presente invención es en primer lugar proponer un procedimiento de colocación y de sellado de un elemento tubular en un suelo bajo una carga de agua situado detrás de una pantalla de contención.

La invención alcanza su objetivo por el hecho de que el procedimiento según la invención incluye las etapas siguientes:

35 se proporciona un dispositivo de estanqueidad, y un dispositivo de perforación que comprende un tubo de perforación que presenta un extremo distal que lleva una herramienta de corte separable del tubo de perforación; se solidariza dicho dispositivo de estanqueidad con la pantalla de contención;

40 se introduce el dispositivo de perforación en el dispositivo de estanqueidad solidarizado con la pantalla de contención;

se realiza una perforación en el suelo con la ayuda del dispositivo de perforación haciendo vibrar el tubo de perforación, llevándose el tubo de perforación a una profundidad determinada;

se introduce un elemento tubular en el tubo de perforación después de que el tubo de perforación haya alcanzado la profundidad determinada;

45 se separa la herramienta de corte del tubo de perforación y se sube el tubo de perforación mientras se mantiene el elemento tubular en la perforación; y

se inyecta una lechada de sellado en la perforación con el fin de sellar el elemento tubular en el suelo.

50 Por lechada de sellado se entiende todo producto de sellado a base de cemento, de escoria o de cualquier otro aglomerante.

Por extremo "distal" se entiende el extremo del tubo de perforación que está destinado a hallarse en el fondo de la perforación, mientras que por extremo "proximal" se entiende el extremo del tubo de perforación opuesto al extremo distal, y que se halla en superficie, en el exterior de la perforación.

55 Por otro lado, es bien conocido el dispositivo de estanqueidad utilizado en la implementación del procedimiento. Principalmente se podrá tratar del dispositivo comercializado por la empresa francesa TEC SYSTEM bajo el nombre "SAS BOP".

60 El dispositivo de estanqueidad permite garantizar la estanqueidad con respecto al agua contenida en el suelo situado detrás de la pantalla, cuya presión puede llegar a hasta 10 MPa. Preferentemente, el dispositivo de estanqueidad permite garantizar la estanqueidad, ya sea funcionando como una válvula cuando ningún elemento atraviesa el dispositivo de estanqueidad, ya sea realizando un contacto estanco con el tubo de perforación o el elemento tubular que atraviesa el dispositivo de estanqueidad. Se comprende entonces que el dispositivo de estanqueidad impide que el agua del suelo brote en la zona de trabajo en la que se encuentran los operarios.

65

Preferentemente, el dispositivo de estanqueidad se solidariza con la pantalla después de haber preperforado la pantalla según todo o parte de su espesor. Eventualmente, la preperforación de la pantalla finalizará después del posicionamiento del dispositivo de estanqueidad.

5 Preferentemente, aunque no necesariamente, solidarizar el dispositivo de estanqueidad consiste en fijar el dispositivo de estanqueidad a la pantalla mediante medios apropiados, por ejemplo tornillos. Según otra variante, se podría realizar la solidarización manteniendo firmemente el dispositivo de estanqueidad contra la pantalla.

10 Más preferentemente, la pantalla se extiende verticalmente y la dirección de perforación está inclinada con respecto a la vertical.

Así, al final de la implementación del procedimiento según la invención, se obtiene un elemento tubular incrustado en la lechada de sellado. Se comprende también que la herramienta de corte, que no se ha subido a la superficie, se encuentra incrustada en la lechada de sellado, preferentemente permaneciendo unida al elemento tubular.

15 Ventajosamente, la lechada de sellado se inyecta en el tubo de perforación.

20 Así, gracias a la invención, el tubo de perforación se retira dejando el elemento tubular y la herramienta de corte en la perforación, gracias al hecho de que el tubo de perforación está separado de la herramienta de corte. El dispositivo de perforación sirve entonces a la vez de medio para excavar el suelo, pero también de medio para inyectar la lechada de sellado en la perforación, además de mantener abierta la perforación durante la inserción del elemento tubular.

25 Ventajosamente, la frecuencia de vibración se escoge de manera que se haga vibrar la herramienta de corte a su frecuencia de resonancia o, como mínimo, a una frecuencia cercana a dicha frecuencia de resonancia. Un beneficio es el de mejorar la eficacia de la perforación.

30 Ventajosamente, durante la perforación, la frecuencia de vibración aplicada al tubo de perforación está comprendida entre 50 Hz y 200 Hz.

35 De ello se desprende que la rapidez de la implementación del procedimiento según la invención resulta principalmente del hecho que la perforación se realiza haciendo vibrar el tubo de perforación. La vibración, que hace entrar la herramienta de corte en resonancia, o como mínimo a una frecuencia cercana a la frecuencia de resonancia, tiene por efecto facilitar la penetración del tubo de perforación en el suelo.

Preferentemente, aunque no necesariamente, durante la perforación también se hace girar el tubo de perforación para modificar la posición de los dientes de la herramienta de corte.

40 Ventajosamente, durante la realización de la perforación se inyecta un fluido de perforación en el tubo de perforación, fluyendo el fluido de perforación a través de la herramienta de corte, y siendo evacuados los desechos de la perforación por medio del dispositivo de estanqueidad.

45 El dispositivo de estanqueidad incluye a este respecto un conducto de evacuación que permite la expulsión de los desechos de la perforación.

La herramienta de corte está dotada preferentemente de orificios que permiten el flujo del fluido de perforación.

50 Según un aspecto ventajoso de la invención, la herramienta de corte se separa del tubo de perforación empujando la herramienta de corte con la ayuda del elemento tubular mientras se mantiene el tubo de perforación.

Para ello, el dispositivo de perforación incluye unos medios de conexión que permiten solidarizar de manera separable la herramienta de corte y el tubo de perforación.

55 Alternativamente, y sin salir del alcance de la presente invención, se podría separar la herramienta de corte tirando del tubo de perforación, y manteniendo o empujando la herramienta de corte con la ayuda del elemento tubular.

Según un modo de implementación preferido, el elemento tubular se solidariza con la herramienta de corte separable antes de empujar la herramienta de corte con la ayuda del elemento tubular.

60 Esta fijación se realiza preferentemente enroscando el elemento tubular a la herramienta de corte. No obstante, se podría tratar de una fijación por encaje. Un beneficio de la fijación por enroscado es que el operario puede notar si la fijación se ha llevado a cabo correctamente.

65 Según un primer modo de implementación, se inyecta la lechada de sellado en la perforación mientras se sube el tubo de perforación. Durante esta fase de inyección, se comprende que el elemento tubular y la herramienta de corte permanecen en la perforación. La lechada de sellado, que fluye en la perforación, envuelve el elemento tubular por

al menos una parte de su altura, gracias a lo cual se sella el elemento tubular en el suelo.

Ventajosamente, se hace vibrar el tubo de perforación durante la inyección de la lechada de sellado.

- 5 Un beneficio es la mejora del flujo y la distribución de la lechada de sellado en la perforación.

Así, gracias a la vibración del tubo de perforación durante la perforación, y durante la inyección de la lechada de sellado, se mejora la velocidad de ejecución del procedimiento.

- 10 Según una variante de implementación, se sube el tubo de perforación mientras se hace vibrar dicho tubo de perforación. Este ascenso podrá estar acompañado o no de la inyección de lechada de sellado.

- 15 Un beneficio de la puesta en vibración del tubo de perforación es permitir la retirada del tubo de perforación sin rotación, lo que tiene como efecto reducir sensiblemente el riesgo de circulación de lechada de sellado entre el tubo de perforación y el suelo. Otro beneficio de la puesta en vibración del tubo de perforación es comprimir el terreno alrededor del tubo de perforación, lo que disminuye aún más el riesgo de circulación de lechada de sellado entre el tubo de perforación y el suelo.

- 20 Ventajosamente, la lechada de sellado se inyecta en el elemento tubular a través de su extremo proximal, y fluye hasta el pie de la perforación a través de la herramienta de corte. Se comprende entonces que el elemento tubular sirve para llevar la lechada de sellado al pie de la perforación, fluyendo la lechada de sellado a través de los orificios realizados en la herramienta de corte. En este caso, se comprende que la lechada de sellado fluye desde el extremo distal de la perforación y sube hacia el extremo proximal de dicha perforación.

- 25 Según una variante, la lechada de sellado se inyecta entre el elemento tubular y el tubo de perforación.

- 30 En esta variante, la lechada de sellado fluye en la perforación por el extremo distal del tubo de perforación. En la medida en que el tubo de perforación se extrae progresivamente, la inyección entre el tubo de perforación y el elemento tubular permite realizar una inyección según la altura de la perforación durante el ascenso del tubo de perforación, y no únicamente desde el extremo distal de la perforación.

- 35 Según un modo de implementación preferente, se pone la lechada de sellado bajo presión, se sube el tubo de perforación mientras se inyecta la lechada de sellado bajo presión en la perforación, y todo ello haciendo vibrar el tubo de perforación.

- Para efectuar esta puesta a presión, se utiliza preferentemente una bomba que permite inyectar la lechada de sellado a una presión comprendida entre 0,1 y 5 MPa.

- 40 La inyección bajo presión permite crear un bulbo de lechada de sellado cuyo diámetro es sensiblemente superior al diámetro de la perforación, lo que tiene por efecto mejorar aún más la contención. El bulbo podrá extenderse por la totalidad o parte de la altura de la perforación. Preferentemente, el bulbo se extiende desde el fondo de la perforación hasta la mitad de la perforación.

- 45 Tal como se ha mencionado anteriormente, la puesta en vibración permite ventajosamente comprimir el terreno alrededor del tubo de perforación. Esta compresión tiene como efecto consolidar el suelo y permite así realizar una inyección bajo presión de la lechada de sellado en numerosos tipos de suelos. Además, gracias a la presencia del dispositivo de estanqueidad en la cabeza de perforación, es posible realizar la inyección bajo una fuerte presión, por ejemplo a una presión comprendida entre 0,5 y 5 MPa.

- 50 Preferentemente, se inyectan cantidades de lechada predefinidas en tramos de suelo predefinidos, en función de las características iniciales del suelo y del objetivo de mejora.

- 55 Según una variante, la dirección de la perforación está inclinada con respecto a una dirección vertical. Un beneficio es poder realizar anclajes inclinados. Una aplicación ventajosa radica en la fabricación de tirantes de anclaje inclinados, por ejemplo para garantizar la estabilidad de un muro pantalla durante una operación de movimiento de tierras.

- 60 Según un modo de realización ventajoso, se calcula una frecuencia deseada de vibración, y se hace vibrar el tubo de perforación a dicha frecuencia deseada de vibración durante la realización de la perforación.

- Esta frecuencia deseada de vibración, que se aplica al tubo de perforación, se escoge de manera óptima con el fin de facilitar la operación de perforación, principalmente en suelos particularmente duros. De manera general, el cálculo se efectúa a partir de una modelización de los fenómenos de perforación.

- 65 Ventajosamente, el cálculo utiliza la longitud del tubo de perforación. Preferentemente, la frecuencia deseada de vibración depende de la longitud del tubo de perforación, aun estando limitada por un valor de frecuencia máximo

predeterminado, denominado $F_{m\acute{a}x}$.

Este valor de frecuencia máximo predeterminado, que corresponde preferentemente a la frecuencia máxima que pueden desarrollar los medios para hacer vibrar el tubo de perforación, está comprendido preferentemente entre 100 y 160 Hz.

Más preferentemente, el cálculo utiliza un valor constante que corresponde a la velocidad de propagación de las ondas de compresión en el tubo de perforación, dependiendo esta velocidad del material constitutivo del tubo de perforación.

De manera preferente, aunque no necesariamente, la frecuencia deseada de referencia es igual a:

- $F_{m\acute{a}x}$ (el valor de frecuencia máximo predeterminado) si $F_{m\acute{a}x} < (V)/(2 \cdot L)$, donde V es la velocidad de propagación de las ondas de compresión en el tubo de perforación, y L la longitud del tubo de perforación, O:
- $(n \cdot V)/(2 \cdot L)$ si $F_{m\acute{a}x} > (V)/(2 \cdot L)$, donde n es un número entero superior o igual a 1 escogido de manera que $(n \cdot V)/(2 \cdot L) \leq F_{m\acute{a}x}$ y $((n+1) \cdot V)/(2 \cdot L) > F_{m\acute{a}x}$.

Los inventores han constatado que esta fórmula permite obtener una frecuencia deseada de vibración óptima que incrementa sensiblemente la eficacia de la operación de perforación.

Este cálculo se efectúa mediante un ordenador que incluya medios de cálculo apropiados.

Para realizar perforaciones profundas, se aumenta la longitud del tubo de perforación durante la realización de la perforación. Para ello, se utilizan porciones de tubo que se fijan a tope durante el transcurso de la perforación con el fin de aumentar la longitud de la perforación.

En consecuencia, en el sentido de la invención, se entiende por tubo de perforación tanto un único tubo de perforación, como una pluralidad de elementos tubulares fijados a tope, por ejemplo mediante enroscado.

Ventajosamente, se recalcula la frecuencia deseada de vibración con cada aumento de la longitud del tubo de perforación.

Un beneficio es garantizar una perforación que tenga una eficacia óptima por toda la profundidad de la perforación.

La invención se refiere además a un procedimiento de realización de un tirante de anclaje en el cual se implementan las etapas del procedimiento según la invención y luego se sellan unos cables en el elemento tubular colocado en la perforación.

La invención se refiere además a una instalación para la implementación del procedimiento de colocación y de sellado de un elemento tubular en un suelo situado detrás de una pantalla según la invención, que incluye:

- un elemento tubular;
- un dispositivo de perforación que comprende un tubo de perforación que tiene un extremo distal que lleva una herramienta de corte separable del tubo de perforación;
- un dispositivo de estanqueidad configurado para solidarizarse con la pantalla de contención y para ser atravesado de manera estanca por el elemento tubular o el tubo de perforación;
- unos medios para hacer vibrar el tubo de perforación;
- unos medios para realizar una perforación en el suelo con la ayuda del dispositivo de perforación, atravesando el dispositivo de perforación el dispositivo de estanqueidad, y para llevar el tubo de perforación a una profundidad predeterminada;
- unos medios para introducir el elemento tubular en el tubo de perforación después de que el tubo de perforación haya alcanzado la profundidad predeterminada;
- unos medios para separar la herramienta de corte del tubo de perforación;
- unos medios para subir el tubo de perforación mientras se mantiene el elemento tubular en la perforación; y
- unos medios para inyectar una lechada de sellado en la perforación con el fin de sellar el elemento tubular en la perforación.

Los medios para separar la herramienta de corte del tubo de perforación incluyen principalmente el elemento tubular.

Preferentemente, la herramienta de corte incluye un manguito de fijación que tiene un diámetro inferior al diámetro del tubo de perforación, estando dicho manguito configurado para ser fijado a un extremo distal del elemento tubular. Preferentemente, el manguito presenta un roscado o un fileteado configurado para cooperar con un fileteado o un roscado complementario situado en el extremo distal del elemento tubular.

Ventajosamente, la herramienta de corte incluye un canal que une el manguito a un extremo de la herramienta de corte que está dotada de una broca de perforación y de orificios de inyección, permitiendo dicho canal alimentar

fluido a los orificios de inyección, y la herramienta de corte incluye además una válvula antirretorno dispuesta para obturar el canal cuando no fluye ningún fluido del manguito hacia los orificios de inyección.

5 Así, durante la inyección de la lechada de sellado (o del fluido de perforación) en el elemento tubular, la válvula antirretorno se abre para dejar pasar la lechada de sellado (o el fluido de perforación), fluyendo esta última (o este último) en la perforación a través de los orificios de inyección.

La válvula antirretorno permite evitar los ascensos de fluido hacia el extremo proximal de la perforación.

10 Ventajosamente, la instalación según la invención comprende unos medios de retención liberables para mantener juntos la herramienta de corte y el tubo de perforación durante la perforación.

15 Preferentemente, estos medios de retención liberables incluyen un pasador fijado a la herramienta de corte y que se encaja en una ranura o hendidura realizada en el extremo distal del tubo de perforación o de un portaherramientas fijado en el extremo distal del tubo de perforación. El pasador está configurado para soltarse de la ranura cuando se aplica una fuerza axial de una intensidad predeterminada sobre la herramienta de corte.

20 Según un aspecto ventajoso de la invención, la instalación incluye un elemento de estanqueidad anular para garantizar una estanqueidad entre el tubo de perforación y la herramienta de corte. Preferentemente, aunque no exclusivamente, el elemento de estanqueidad es solidario con el tubo de perforación y se apoya contra el manguito o el cuerpo unido al manguito.

25 Preferentemente, el elemento de estanqueidad está configurado para dejar pasar un fluido únicamente en el caso en que dicho fluido fluya axialmente hacia el extremo distal del tubo de perforación. Este fluido puede ser agua, lechada de sellado, o cualquier otro tipo de fluido. Se comprende entonces que el elemento de estanqueidad está configurado para evitar que el fluido suba hacia el extremo proximal del tubo de perforación al circular entre el manguito y el tubo de perforación.

30 Ventajosamente, el elemento de estanqueidad está también configurado para realizar la estanqueidad entre el tubo de perforación y el elemento tubular después de la fijación del elemento tubular al manguito y la separación de la herramienta de corte.

35 Se comprende que durante el ascenso del tubo de perforación, mientras que el elemento tubular permanece en el fondo de la perforación, el elemento de estanqueidad se apoya contra la superficie exterior del cuerpo o del manguito y después contra la del elemento tubular, gracias a lo cual se realiza la estanqueidad entre el tubo de perforación y el elemento tubular durante todo el ascenso del tubo de perforación. Un beneficio es evitar una circulación ascendente de la lechada de sellado entre el tubo de perforación y el elemento tubular durante la inyección de la lechada de sellado que tiene lugar durante la retirada del tubo de perforación.

40 Según otro aspecto ventajoso de la invención, la instalación de la perforación incluye además un amortiguador dispuesto entre el dispositivo de estanqueidad y el tubo de perforación con el fin de impedir la transmisión de las vibraciones del tubo de perforación hacia el dispositivo de estanqueidad. Un beneficio es evitar poner en vibración el dispositivo de estanqueidad y la pantalla.

45 **Descripción de las figuras**

La invención se comprenderá mejor con la lectura de la siguiente descripción de modos de implementación y de realización de la invención proporcionados a título de ejemplos no limitativos, en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 50
- la figura 1 ilustra la colocación de un dispositivo de estanqueidad de la instalación según la invención en una reserva realizada en una pantalla de contención;
 - la figura 2 ilustra el montaje de la herramienta de corte separable en el extremo distal del tubo de perforación;
 - la figura 3 ilustra la etapa de perforación en el suelo después de la introducción del dispositivo de perforación

55

 - en el dispositivo de estanqueidad;
 - la figura 4 ilustra la introducción del elemento tubular en el tubo de perforación y su fijación a la herramienta de corte por enroscado;
 - la figura 5 ilustra la etapa en el transcurso de la cual se separa la herramienta de corte del tubo de perforación;
 - la figura 6 ilustra la etapa de inyección de lechada de sellado mientras se sube el tubo de perforación;

60

 - la figura 7 ilustra el desmontaje del tubo de perforación del dispositivo de estanqueidad;
 - la figura 8 es una vista en detalle del extremo distal del dispositivo de perforación;
 - la figura 9 es una vista frontal de la herramienta de corte;
 - la figura 10 es una vista en sección longitudinal del extremo distal del dispositivo de perforación que muestra la herramienta de corte conectada al tubo de perforación;

65

 - la figura 11 es una vista en sección longitudinal del extremo distal del dispositivo de perforación que muestra la herramienta de corte separada del tubo de perforación; y

- la figura **12** esquematiza el procedimiento de optimización de la frecuencia de vibración aplicada al tubo de perforación.

Descripción detallada de la invención

5 Con ayuda de las figuras **1** a **7**, se va a describir, en primer lugar, un modo de implementación del procedimiento de colocación y de sellado de un elemento tubular en un suelo **S** bajo una carga de agua que está situado detrás de una pantalla de contención **E**. En este ejemplo, la pantalla **E** es una pantalla de contención constituida de un muro pantalla vertical. Una de las caras **E1** de la pantalla **E** está despejada mientras que la cara opuesta **E2** se sitúa hacia el lado de la capa de suelo **S**.

10 La capa de suelo **S** sostenida por la pantalla **E** está dispuesta, en este ejemplo, debajo de una carga de agua, tal como una capa freática. El procedimiento de fabricación de la pantalla **E**, al ser por lo demás ampliamente conocido, no se describirá aquí en detalle.

15 Se menciona solamente que podrá tratarse de un muro pantalla realizado con la ayuda de una excavadora de cuchara o de una hidrofresa.

20 El objetivo del procedimiento según la invención es la colocación y el sellado de un elemento tubular **90** en el suelo **S** situado detrás de la pantalla **E**. Este elemento tubular puede ser, por ejemplo, una armadura o bien un tubo perforado destinado a realizar inyecciones en el suelo **S**. En otras palabras, de manera preferente, el procedimiento según la invención se podrá implementar con el fin de fabricar un tirante de anclaje o bien con el fin de realizar inyecciones en el suelo **S**.

25 Según la invención, se proporciona en primer lugar un dispositivo de estanqueidad **10** que se solidariza con la pantalla.

30 Para ello, en este ejemplo no limitativo, se perfora la pantalla **E** según una parte de su espesor con el fin de realizar una reserva **R** en la pantalla **E**. En este ejemplo, el eje de perforación **A** está inclinado en un ángulo α con respecto a la horizontal. El eje de perforación **A** está inclinado también con respecto a la vertical.

35 El dispositivo de estanqueidad **10** comprende un extremo tubular delantero **12** que se introduce en la reserva **R**. Se constata que el diámetro del extremo tubular **12** es sensiblemente igual al diámetro de la reserva **R**. Se acaba entonces de perforar la reserva según todo el espesor de la pantalla.

40 Según otra variante, más tradicional, se crea la reserva **R** en el momento de la ejecución de la pantalla **E**. En este caso la reserva **R** se presenta en la forma de un tubo y de una placa que permite solidarizar el dispositivo de estanqueidad **10**. La reserva **R** es solidaria con una jaula de armadura (no representada aquí) que constituye el esqueleto de la pantalla de contención **E**.

45 De manera conocida por lo demás, el dispositivo de estanqueidad **10** incluye además una cámara de chimenea **14** que está conectada con el extremo tubular **12**; esta cámara de chimenea incluye una chimenea de evacuación **16** que permite evacuar los desechos de excavación. En este ejemplo, el dispositivo de estanqueidad **10** incluye además una válvula **18** conectada a la cámara de chimenea **14** así como una primera semicámara **20** conectada a la válvula **18**. En este ejemplo, la válvula **18** es una válvula de manguito de deformación elástica, ampliamente conocida por lo demás. Tiene como función garantizar la estanqueidad gracias al hecho de que el manguito aprieta un elemento tubular que atraviesa la válvula **18**. Permite además obturar el dispositivo de estanqueidad cuando ningún elemento atraviesa el dispositivo de estanqueidad.

50 El dispositivo de estanqueidad **10** forma parte de una instalación **100** conforme con la invención que incluye, además, un dispositivo de perforación **30**. Este dispositivo de perforación **30** comprende un tubo de perforación **32** que tiene un extremo distal **34** que lleva una herramienta de corte **36**. De acuerdo con la invención, esta herramienta de corte **36** es separable del tubo de perforación **32**.

55 De manera tradicional, el tubo de perforación **32** está constituido por una sarta de varillas que se fijan a tope con el fin de aumentar la longitud del tubo de perforación a lo largo de la perforación. Según la invención, se introduce el dispositivo de perforación **30** en el dispositivo de estanqueidad **10**. Para ello, el extremo distal del dispositivo del tubo de perforación está provisto en este ejemplo de un prensaestopas **38**, de una segunda semicámara **40** que rodea el tubo de perforación **32**. Como se entiende con la ayuda de las figuras **2** y **3**, la segunda semicámara **40** se ensambla con la primera semicámara **20** del dispositivo de estanqueidad **10**.

60 Según un aspecto ventajoso de la invención, la primera semicámara **20** y la segunda semicámara **40** se fijan la una a la otra al tiempo que aprietan un anillo grueso de goma **42**, de manera que el conjunto constituido por la primera semicámara **20**, por la segunda semicámara **40** y por el anillo de goma **42** constituye un amortiguador de vibraciones **44**.

Este amortiguador **44**, que está dispuesto entre el dispositivo de estanqueidad **10** y el tubo de perforación **32**, tiene la función de impedir la transmisión de las vibraciones del tubo de perforación hacia el dispositivo de estanqueidad.

5 Se comprende además que el dispositivo de estanqueidad, y principalmente la válvula **18**, permite impedir que el agua del suelo brote en el lado de la zona de trabajo de los operarios, estando esta zona separada del suelo **S** por la pantalla **E**.

10 La instalación **100** incluye además unos medios **50** para hacer vibrar el tubo de perforación **32**. Los medios **50** para hacer vibrar el tubo de perforación **32**, en este caso un generador de vibraciones **50**, permiten generar las ondas de compresión que se transmiten a lo largo del tubo de perforación **32** hacia su extremo distal **34** y hacia la herramienta de corte **36**. Se llama aquí **L** a la longitud del tubo de perforación **32** comprendida entre su extremo distal y el generador de vibraciones **50**. La longitud **L** del tubo de perforación **32** aumenta entonces en el transcurso de la realización de la perforación.

15 Según la invención, se realiza una perforación **F** en el suelo **S** con la ayuda de la instalación **100** con la ayuda del dispositivo de perforación **30** de la instalación **100** haciendo vibrar el tubo de perforación **32** gracias al generador de vibraciones **50**.

20 En este ejemplo, aunque no necesariamente, en el transcurso de la etapa de perforación, se hace también girar el tubo de perforación **32** alrededor del eje de perforación **A** gracias a unos medios de accionamiento en rotación **52**.

25 Durante la realización de la perforación, se inyecta un fluido de perforación **G** en el tubo de perforación desde el extremo proximal **37** del tubo de perforación **32**. Este fluido de perforación **G** fluye en el tubo de perforación **32** hasta la herramienta de corte **36**. La herramienta de corte **36** está dotada de orificios **35** que permiten la inyección del fluido de perforación **G** en el fondo de la perforación **F**. El fluido de perforación **G** sube entonces a lo largo de la perforación acarreado los desechos y atraviesa la pantalla **E** fluyendo entre el tubo de perforación **32** y el extremo tubular **12** del dispositivo de estanqueidad, antes de llegar a la cámara de chimenea **14** y a la chimenea de evacuación **16**, permitiendo entonces esta última la evacuación del fluido de perforación **G**.

30 La perforación se realiza hasta que el tubo de perforación, y más precisamente la herramienta de corte, se lleva a una profundidad determinada **H** representada en la figura **4**. En este ejemplo, por profundidad determinada **H** se entiende la distancia entre la cara **E2** de la pantalla **E** dirigida hacia el suelo **S** y el fondo **F1** de la perforación **F**.

35 Antes de describir las demás etapas del procedimiento según la invención, se va a ver ahora con más detalle la herramienta de corte **36** de la instalación **100**.

Con ayuda de las figuras **8** a **11**, se constata que la herramienta de corte separable **36** se monta inicialmente sobre un portaherramientas **37** que está fijado en el extremo distal **34** del tubo de perforación **32**.

40 La herramienta de corte **36** incluye además un manguito de fijación **60** que tiene un diámetro inferior al diámetro interior del tubo de perforación **32**. El manguito **60** es solidario con un cuerpo **64** en el cual se realiza un canal **62** que se extiende según la dirección axial **X** del tubo de perforación. Este canal **62** une el manguito **60** a la broca de perforación **66** de la herramienta de corte **36**. En consecuencia, el canal **62** permite alimentar fluido a los orificios de inyección **35**, principalmente, aunque no exclusivamente, fluido de perforación durante la etapa de perforación.

45 Según un aspecto ventajoso de la invención, la herramienta de corte **36** incluye además una válvula antirretorno **68** que se dispone en el extremo de aguas abajo **62a** del canal **62** con el fin de obturar dicho canal **62** cuando no fluye ningún fluido del manguito **60** hacia los orificios de inyección **35**. En este ejemplo, la válvula antirretorno **68** está constituida por una pieza **70** montada sobre un resorte **72** de tal manera que la válvula antirretorno permite dejar pasar un flujo que fluye hacia los orificios **35** de la broca de perforación **66**, pero impide que un flujo fluya a través del canal **62** hacia el manguito **60**. Se comprende entonces que el cuerpo **64** en el cual está realizado el canal **62** está dispuesto entre la válvula antirretorno **68** y el manguito de fijación **60**.

50 La herramienta de corte **36** es separable del portaherramientas **37** y por tanto del tubo de perforación **32**. Para garantizar la retención de la herramienta de corte **36** del tubo de perforación **32** durante la operación de perforación, la herramienta de corte **36** comprende un pasador **74** que se extiende transversalmente con respecto al eje de rotación **X** de la herramienta de corte de manera que se aloja en dos hendiduras **76** realizadas en el portaherramientas **37**.

60 El pasador **74** está dimensionado de manera que se monta ajustado en las hendiduras **76** con el fin de evitar una separación intempestiva de la herramienta de corte **36** con respecto al portaherramientas **37**. Las hendiduras **76** desembocan axialmente hacia el extremo distal **37a** del portaherramientas **37** que está dirigido hacia la broca de perforación **66**. Se comprende entonces que un empuje axial sobre el manguito **60** dirigido hacia la broca de perforación **66** con una intensidad superior a un umbral predeterminado permite soltar el pasador **74** de las hendiduras **76** y así separar la herramienta de corte **36** del tubo de perforación **32**.

Se comprende entonces que el pasador **74** y las hendiduras **76** constituyen unos medios de retención liberables para mantener juntos la herramienta de corte y el tubo de perforación durante la perforación.

En referencia de nuevo a las figuras **10** y **11**, se constata que la instalación **100** incluye un elemento de estanqueidad **80** para garantizar una estanqueidad axial entre el tubo de perforación **32** y el cuerpo **64** o manguito **60**. En este ejemplo, el elemento de estanqueidad **80** es una junta anular que es solidaria con el tubo de perforación **32**. En el ejemplo de la figura **10**, el elemento de estanqueidad **80** es también solidario con el portaherramientas **37**. El elemento de estanqueidad **80** se apoya entonces en la superficie exterior del cuerpo **64** con el fin de garantizar la estanqueidad entre el tubo de perforación **32** y la herramienta de corte **36**.

Más precisamente, en este ejemplo, el elemento de estanqueidad **80** está configurado para dejar pasar un fluido únicamente en el caso de que dicho fluido fluya axialmente hacia el extremo distal **34** del tubo de perforación **32**. En otras palabras, el elemento de estanqueidad **80** deja pasar únicamente los flujos dirigidos hacia la broca de perforación **66**. Permite así impedir una circulación ascendente de fluido entre el manguito **60** y el tubo de perforación **32**.

En este ejemplo, cuando la herramienta de corte **36** está unida al portaherramientas **37**, el elemento de estanqueidad **80** se apoya el cuerpo **64**. En la medida en que el manguito **60** presenta un diámetro exterior que es sensiblemente igual al diámetro exterior del cuerpo **64**, se comprende con la ayuda de la figura **11** que cuando la herramienta de corte **36** se separa del portaherramientas **37**, el elemento de estanqueidad **80** se desplaza axialmente y se apoya contra el manguito con el fin de mantener la estanqueidad axial entre el tubo de perforación **32** y el manguito **60**.

Refiriéndose de nuevo a la figura **10**, se constata que el extremo del manguito **60a** opuesto al cuerpo **64** presenta un fileteado **82**.

A continuación se describirán las etapas siguientes del procedimiento según la invención refiriéndose de nuevo a la figura **4**.

Después de que el tubo de perforación **32** haya alcanzado su profundidad predeterminada **H**, se introduce un elemento tubular **90** en el tubo de perforación **32**. Este elemento tubular **90** está constituido también por una pluralidad de porciones de tubos que se fijan a tope. El elemento tubular **90** se introduce en el tubo de perforación **32** hasta que el extremo distal **90a** del elemento tubular **90** entra en contacto con el extremo **60a** del manguito **60**. El elemento tubular **90** se somete entonces a una rotación con el fin de enroscar el extremo distal **90a** del elemento tubular **90** al fileteado **82** del manguito **60**. Una vez fijado el elemento tubular al manguito **60** de la herramienta de corte separable **36**, se ejerce un empuje sobre el elemento tubular **90** con el fin de empujar la herramienta de corte **36**, lo que provoca la separación de la herramienta de corte **36** del tubo de perforación **32**.

Preferentemente, se mantiene el tubo de perforación **32** mientras se empuja el elemento tubular **90** fijado a la herramienta de corte. La separación de la herramienta de corte **36** del tubo de perforación **32** se ilustra en la figura **5**. En este ejemplo, después de la separación de la herramienta de corte **36**, tal como se representa en la figura **6**, se inyecta una lechada de sellado **C**, por ejemplo una lechada de cemento, en la perforación con el fin de sellar el elemento tubular **90** en el suelo **S**. Para ello, la lechada de sellado **C** se inyecta en el elemento tubular **90** por su extremo proximal y fluye hasta el pie de la perforación a través de los orificios **35** de la herramienta de corte **36**.

De acuerdo con la invención, en el ejemplo de la figura **6**, la inyección de la lechada de sellado **C** se realiza subiendo el tubo de perforación **32** mientras se hace vibrar el tubo de perforación **32**. Tal como se mencionó anteriormente, las vibraciones permiten comprimir el suelo **S** alrededor del tubo de perforación, lo que permite evitar una circulación ascendente de la lechada de sellado entre el tubo de perforación **32** y el suelo **S**.

En este ejemplo, la frecuencia de vibración del tubo de perforación aplicada durante el ascenso del tubo de perforación **32** es del orden de 50 Hz a 130 Hz según la longitud del tubo de perforación.

Según una variante, la lechada de sellado **C** se pone bajo presión gracias a una bomba, no representada aquí, antes de su inyección en el elemento tubular. Un beneficio es poder formar un bulbo de lechada de sellado con un diámetro mayor. La lechada de sellado que está bajo presión podrá alcanzar una presión del orden 0,5 a 5 MPa.

Según otra variante, no representada aquí, la inyección de lechada de sellado podría realizarse mediante una inyección entre el elemento tubular y el tubo de perforación en cuanto que el elemento de estanqueidad **80** permite el flujo de la lechada de sellado hacia la broca de perforación **66**.

Gracias al amortiguador **44**, las vibraciones emitidas por el generador de vibración **50** se transmiten al tubo de perforación **32** pero no al dispositivo de estanqueidad **10** ni a la pantalla **E**.

Como se ha representado en la figura **7**, el tubo de perforación **32** se sube hasta que el extremo distal del tubo de perforación **32** alcance el dispositivo de estanqueidad **10**. El tubo de perforación **32** se desmonta entonces del

dispositivo de estanqueidad **10**.

5 Como se aprecia en esta figura **7**, el elemento tubular **90** está entonces sellado en un bulbo **B** de lechada de sellado. Este elemento tubular **90** podrá entonces utilizarse para fabricar un tirante de anclaje sellando unos cables (no representados aquí) en el elemento tubular colocado y sellado en la perforación.

10 Según un aspecto particularmente ventajoso de la invención, durante la realización de la perforación **F** anteriormente descrita, se busca optimizar la frecuencia de vibración con el fin de maximizar la energía de perforación transmitida por el tubo de perforación **32**. Para ello, se calcula una frecuencia deseada de vibraciones que se aplica al tubo de perforación **32** gracias al generador de vibraciones.

15 Se hace entonces vibrar el tubo de perforación **32** a la frecuencia deseada de vibración durante la realización de la perforación. Se comprende entonces que esta frecuencia deseada de vibración es una frecuencia de vibración que se aplica al tubo de perforación. En la práctica, estas vibraciones son ondas de compresión que se transmiten a lo largo del tubo de perforación definiendo vientres y nodos. Estas ondas de vibración hacen que el tubo de perforación **32** entre en resonancia, o como mínimo a una frecuencia cercana a su frecuencia de resonancia, lo que produce una energía máxima al nivel de la herramienta de corte **36**, con el efecto de aumentar sensiblemente la eficacia de la perforación, y así la eficacia global del procedimiento según la invención.

20 Como se representa en la figura **12**, el cálculo de la frecuencia deseada de vibración incluye en primer lugar una etapa **S100** en el transcurso de la cual se introduce manualmente o se determina de manera automatizada la longitud **L** del tubo de perforación **32**. Se supone entonces aquí que el tubo de perforación se hace vibrar en toda su longitud.

25 Después, a partir de esta longitud, se calcula la frecuencia deseada de vibración en el transcurso de una etapa **S102** a partir de la longitud **L** del tubo de perforación, de la velocidad de propagación de la onda de compresión en el tubo de perforación **32**. En este ejemplo, el tubo de perforación **32** está hecho de acero.

30 Más preferentemente, el cálculo utiliza un valor constante que corresponde a la velocidad de propagación de las ondas de compresión en el tubo de perforación, dependiendo esta velocidad del material constitutivo del tubo de perforación.

35 De acuerdo con la invención, en la medida en que la longitud del tubo de perforación **32** aumenta durante la realización de la perforación debido a la suma sucesiva de elementos tubulares, se recalcula la frecuencia deseada de vibraciones con cada aumento de la longitud del tubo de perforación. Esto permite conservar una frecuencia de vibración óptima durante toda la duración de la perforación.

40 La frecuencia deseada de vibración así calculada se presenta visualmente a continuación como una sugerencia para el operario. También puede, en otro modo de realización, enviarse como una orden al generador de vibraciones **50** en el transcurso de una etapa **S104**.

De manera preferente, aunque no necesariamente, la frecuencia deseada de referencia es igual a:

- 45
- $F_{\text{máx}}$ (el valor de frecuencia máximo predeterminado) si $F_{\text{máx}} < (V)/(2 \cdot L)$, donde V es la velocidad de propagación de las ondas de compresión en el tubo de perforación, y L la longitud del tubo de perforación, o:
 - $(n \cdot V)/(2 \cdot L)$ si $F_{\text{máx}} > (V)/(2 \cdot L)$, donde n es un número entero superior o igual a 1 escogido de manera que $(n \cdot V)/(2 \cdot L) \leq F_{\text{máx}}$ y $((n+1) \cdot V)/(2 \cdot L) > F_{\text{máx}}$

50 En el ejemplo que sigue, V es igual a 5000 m/s, $F_{\text{máx}}$ es igual a 130 Hz. L corresponde a la suma de las longitudes de los elementos tubulares unidos a tope.

En este ejemplo, los elementos tubulares tienen la misma longitud unitaria, a saber una longitud de 3 metros.

55 Se obtiene la tabla de resultados siguiente:

Número de tubos	L(m)	2L	V/(2*L)	n	F deseada (Hz)
5	15	30	167		130 (Fmáx)
6	18	36	139		130 (Fmáx)
7	21	42	119	1	119
8	24	48	104	1	104
9	27	54	93	1	93
10	30	60	83	1	83
11	33	66	76	1	76

ES 2 622 337 T3

Número de tubos	L(m)	2L	V/(2*L)	n	F deseada (Hz)
12	36	72	69	1	69
13	39	78	64	2	128
14	42	84	60	2	120
15	45	90	56	2	112
16	48	96	52	2	104
17	51	102	49	2	98
18	54	108	46	2	93
19	57	114	44	2	88
20	60	120	42	3	126
21	63	126	40	3	120
22	66	132	38	3	114
23	69	138	36	3	108
24	72	144	35	3	105
25	75	150	33	3	99
26	78	156	32	4	128
27	81	162	31	4	124

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de colocación y de sellado de un elemento tubular en un suelo (S) bajo una carga de agua situado detrás de una pantalla de contención (E), en el cual:

5 se proporciona un dispositivo de estanqueidad (10), y un dispositivo de perforación (30) que comprende un tubo de perforación (32) que presenta un extremo distal (34) que lleva una herramienta de corte (36) separable del tubo de perforación;
 se solidariza dicho dispositivo de estanqueidad (10) con la pantalla de contención;
 10 se introduce el dispositivo de perforación (30) en el dispositivo de estanqueidad (10) solidarizado con la pantalla de contención;
 se realiza una perforación en el suelo con la ayuda del dispositivo de perforación (30) haciendo vibrar el tubo de perforación, llevándose el tubo de perforación a una profundidad determinada (H);
 se introduce un elemento tubular (90) en el tubo de perforación (32) después de que el tubo de perforación haya
 15 alcanzado la profundidad determinada;
 se separa la herramienta de corte (36) del tubo de perforación (32) y se sube el tubo de perforación mientras se mantiene el elemento tubular (90) en la perforación;
 y se inyecta una lechada de sellado (C) en la perforación con el fin de sellar el elemento tubular (90) en el suelo (S).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el cual, durante la realización de la perforación, se inyecta un fluido de perforación (G) en el tubo de perforación, fluyendo el fluido de perforación a través de la herramienta de corte, y evacuándose los desechos de la perforación por medio del dispositivo de estanqueidad (10).

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el cual se separa la herramienta de corte (36) del tubo de perforación (32) empujando la herramienta de corte con la ayuda del elemento tubular mientras se mantiene el tubo de perforación (32).

4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el cual se inyecta la lechada de sellado (C) en la perforación mientras se sube el tubo de perforación (32).

5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual se hace vibrar el tubo de perforación (32) durante la inyección de la lechada de sellado.

6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el cual se pone la lechada de sellado (C) bajo presión, se sube el tubo de perforación mientras se inyecta la lechada de sellado bajo presión en la perforación, y todo ello mientras se hace vibrar el tubo de perforación.

7. Procedimiento de realización de un tirante de anclaje en el cual se implementa el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, y luego se sellan unos cables en el elemento tubular colocado en la perforación.

8. Instalación (100) para la implementación del procedimiento de colocación y de sellado de un elemento tubular en un suelo (S) bajo una carga de agua situado detrás de una pantalla de contención (E) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, incluyendo la instalación:

45 un elemento tubular;
 un dispositivo de perforación (30) que comprende un tubo de perforación (32) que tiene un extremo distal (34) que lleva una herramienta de corte (36) separable del tubo de perforación;
 un dispositivo de estanqueidad (10) configurado para solidarizarse con la pantalla de contención (E) y ser
 50 atravesado de manera estanca por el elemento tubular o por el tubo de perforación;
 unos medios (50) para hacer vibrar el tubo de perforación (32);
 unos medios para realizar una perforación (P) en el suelo con la ayuda del dispositivo de perforación, atravesando el dispositivo de perforación el dispositivo de estanqueidad, y para llevar el tubo de perforación a una profundidad predeterminada;
 55 unos medios para introducir el elemento tubular en el tubo de perforación después de que el tubo de perforación haya alcanzado la profundidad predeterminada;
 unos medios para separar la herramienta de corte del tubo de perforación;
 unos medios para subir el tubo de perforación mientras se mantiene el elemento tubular en la perforación;
 y unos medios para inyectar una lechada de sellado en la perforación con el fin de sellar el elemento tubular en la perforación.

9. Instalación según la reivindicación 8, **caracterizada por que** la herramienta de corte (36) incluye un manguito de fijación (60) que tiene un diámetro inferior al diámetro del tubo de perforación, estando dicho manguito configurado para fijarse a un extremo distal (90a) del elemento tubular (90).

- 5 10. Instalación según la reivindicación 9, **caracterizada por que** la herramienta de corte (36) incluye un canal (62) que une el manguito (60) a un extremo de la herramienta de corte dotada de una broca de perforación (66) y de orificios de inyección (35), permitiendo dicho canal alimentar fluido a los orificios de inyección, **y por que** la herramienta de corte (36) incluye además una válvula antirretorno (68) dispuesta para obturar el canal (62) cuando no fluye ningún fluido desde el manguito (60) hacia los orificios de inyección (35).
- 10 11. Instalación según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizada por que** comprende unos medios de retención liberables (74,76) para mantener juntos la herramienta de corte (36) y el tubo de perforación (32) durante la perforación.
- 15 12. Instalación según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, **caracterizada por que** incluye un elemento de estanqueidad (80) para garantizar una estanqueidad entre el tubo de perforación (32) y la herramienta de corte (36).
- 20 13. Instalación según la reivindicación 12, **caracterizada por que** el elemento de estanqueidad (80) está configurado para dejar pasar un fluido únicamente en el caso de que dicho fluido fluya axialmente hacia el extremo distal (34) del tubo de perforación (32).
- 25 14. Instalación según la reivindicación 9 o 10 en combinación con la reivindicación 12 o 13, **caracterizada por que** el elemento de estanqueidad también está configurado para realizar la estanqueidad entre el tubo de perforación y el elemento tubular después de la fijación del elemento tubular al manguito y la separación de la herramienta de corte.
15. Instalación de perforación según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14, **caracterizada por que** incluye además un amortiguador (44) dispuesto entre el dispositivo de estanqueidad (10) y el tubo de perforación (32) con el fin de impedir la transmisión de las vibraciones del tubo de perforación (32) hacia el dispositivo de estanqueidad (10).

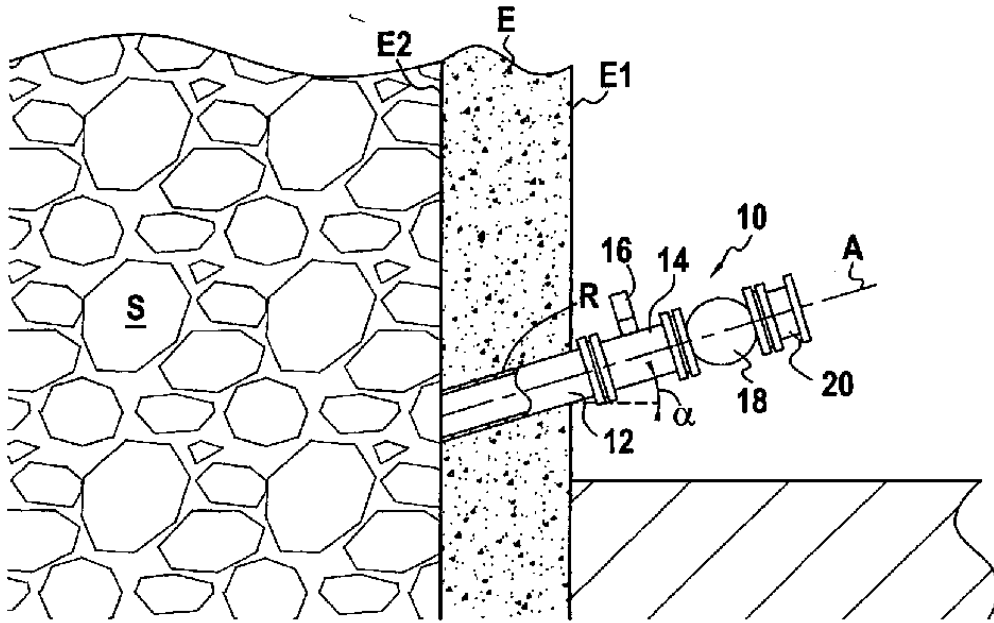


FIG. 1

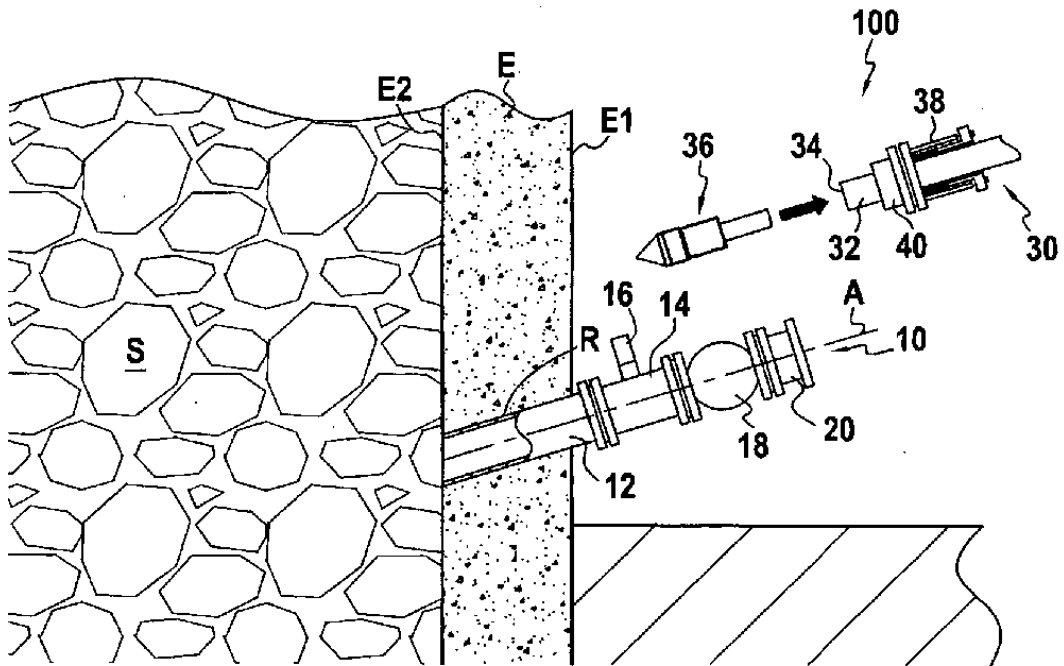


FIG. 2

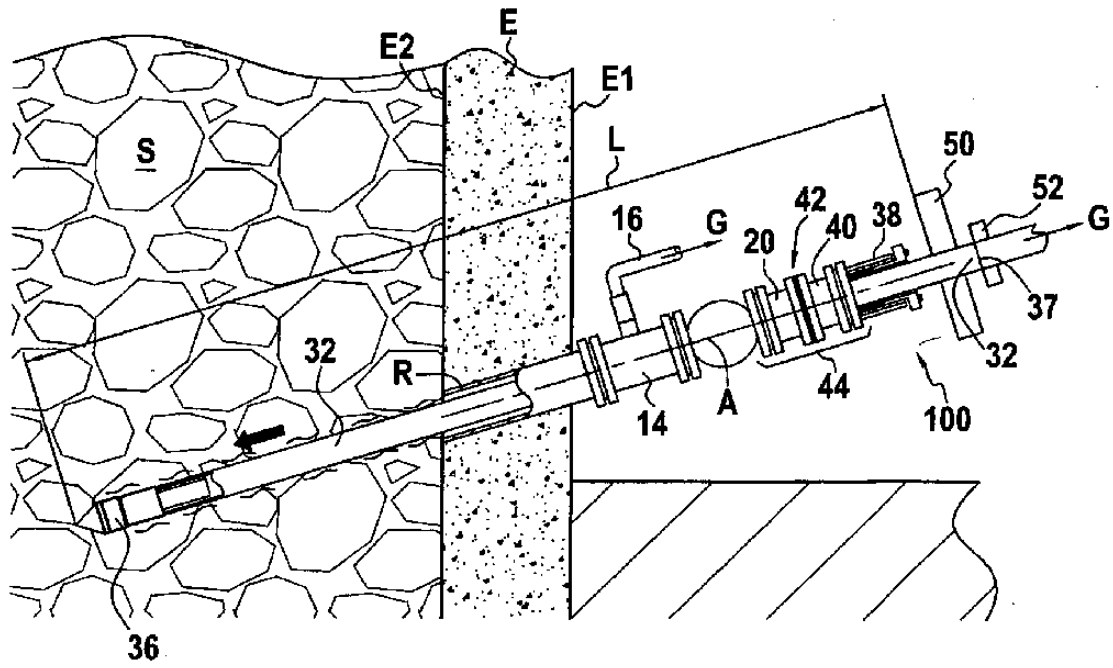


FIG.3

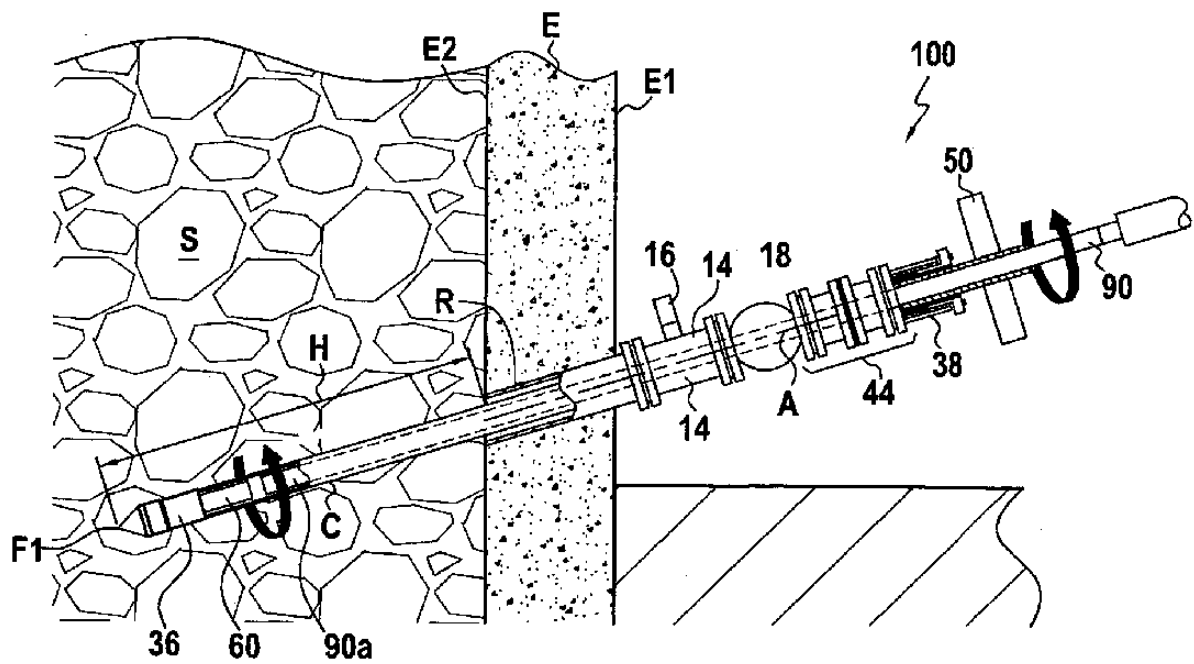


FIG.4

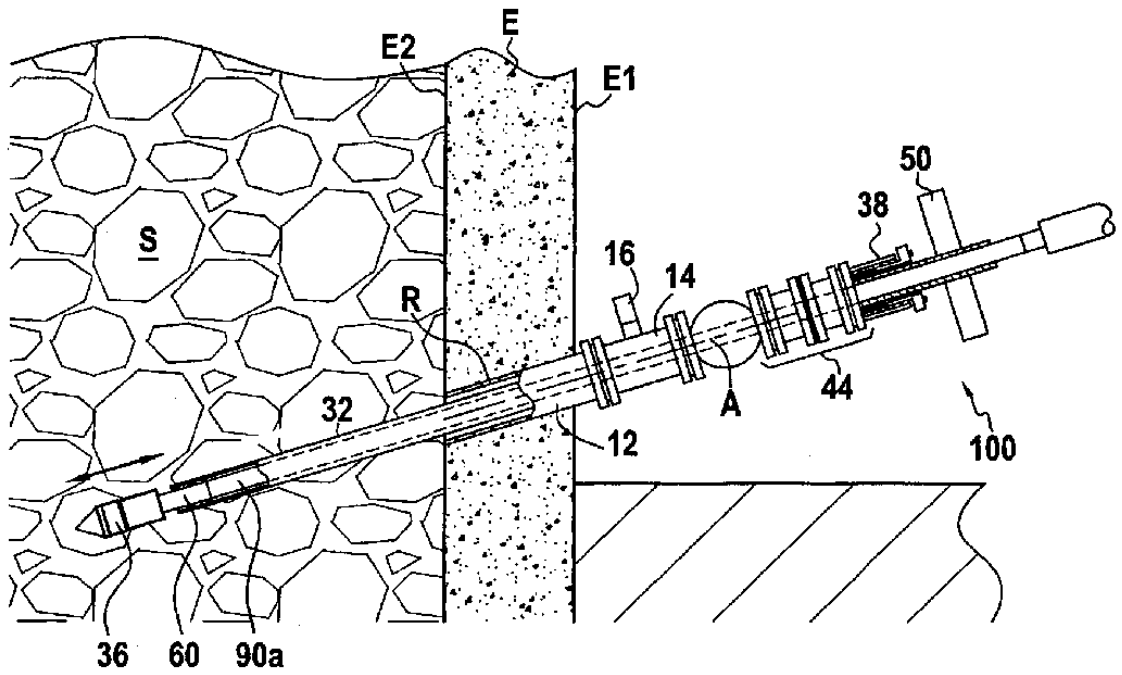


FIG. 5

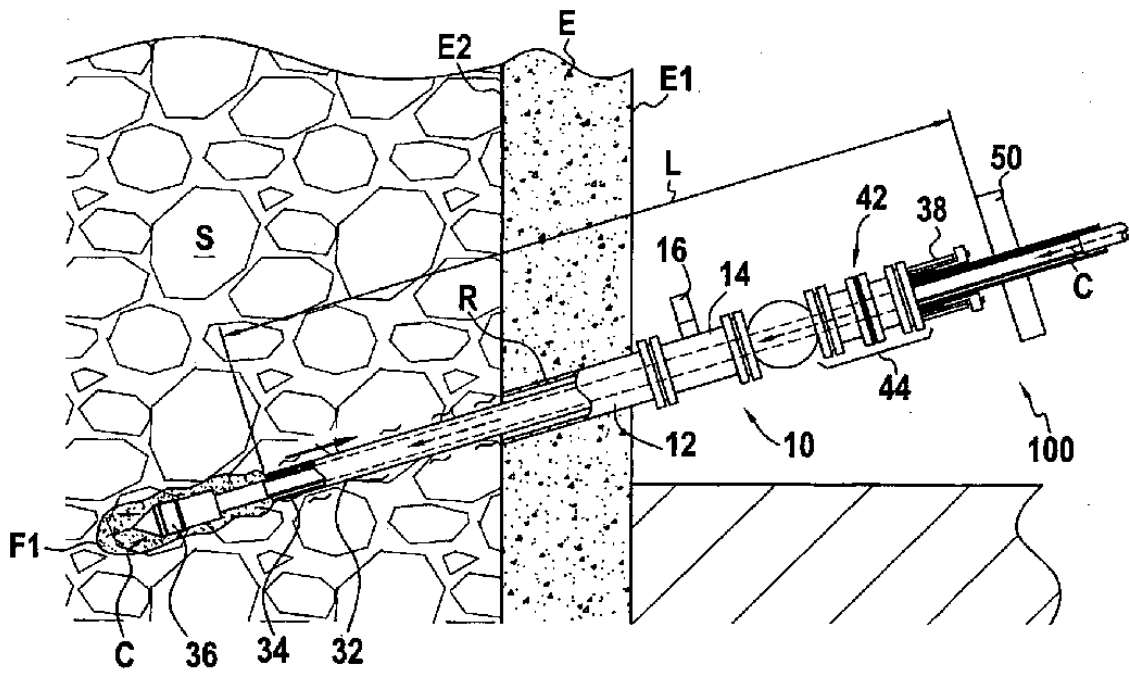


FIG. 6

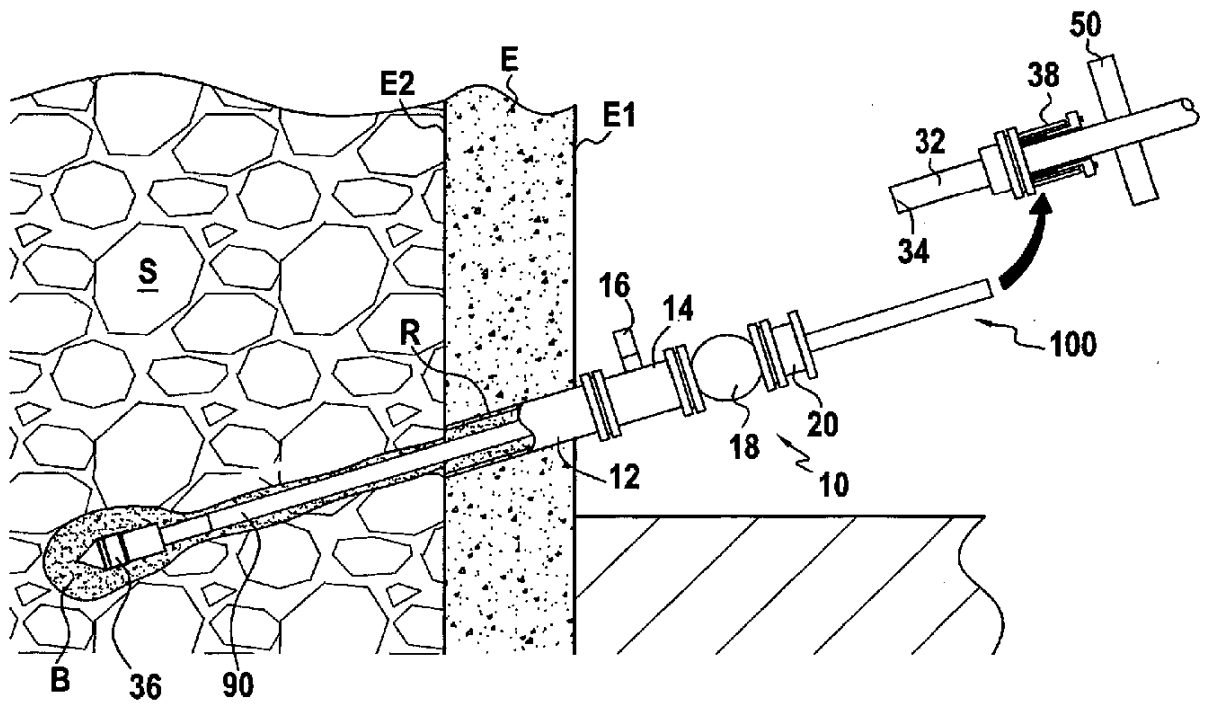


FIG.7

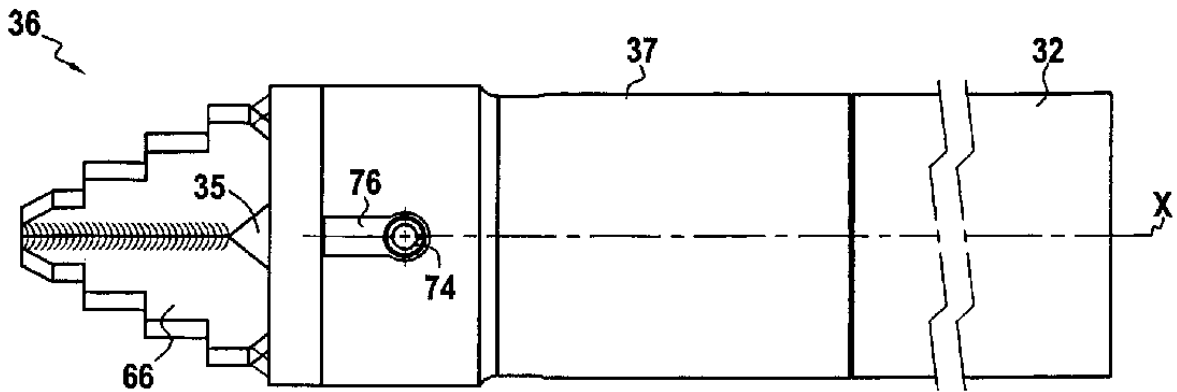


FIG. 8

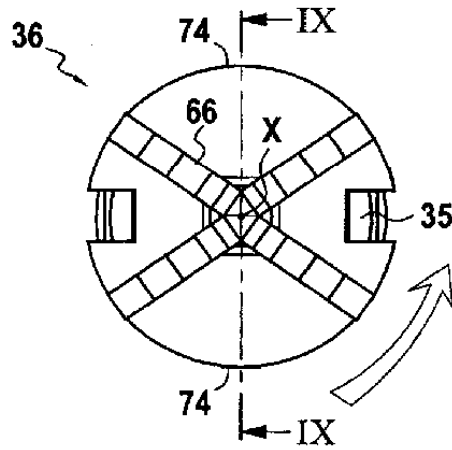


FIG. 9

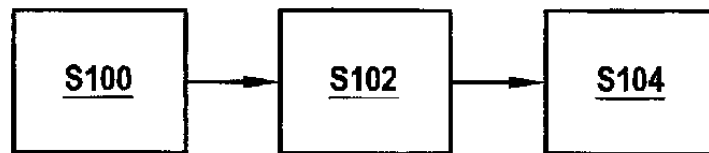


FIG. 12

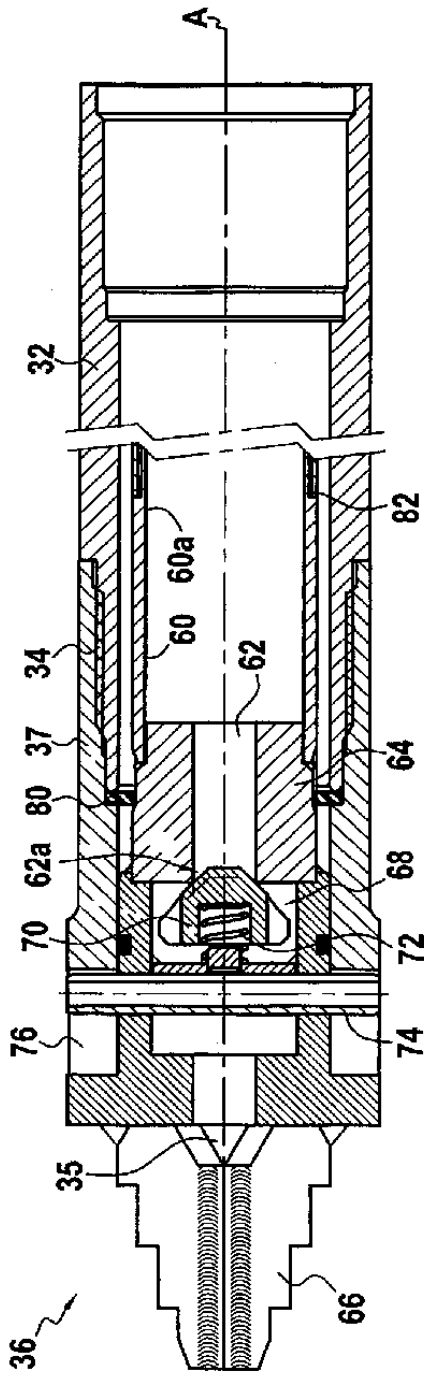


FIG. 10

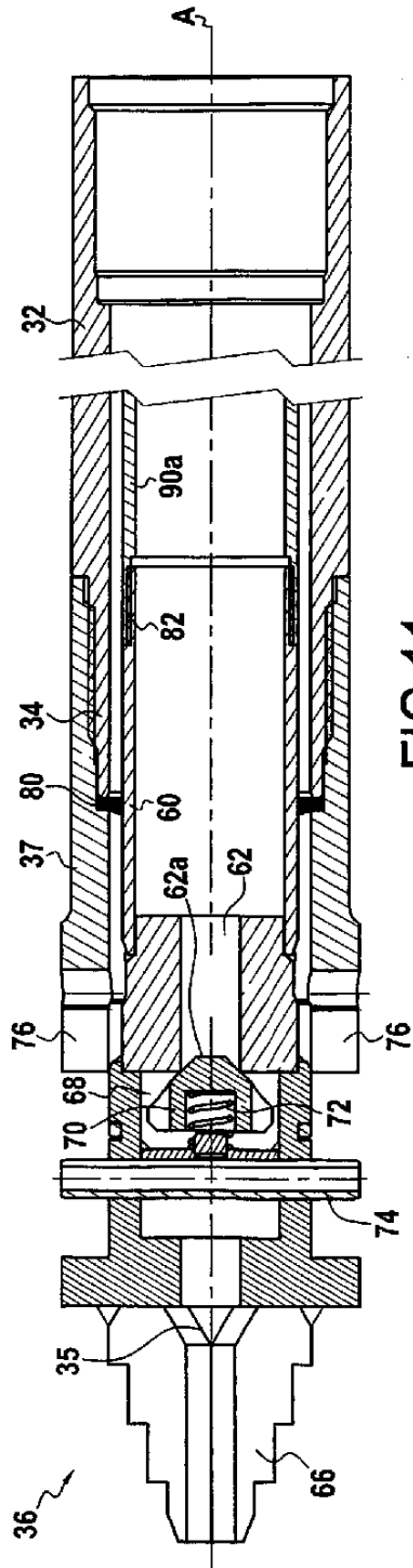


FIG. 11