

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 386 320**

51 Int. Cl.:
E02D 33/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08450089 .1**
96 Fecha de presentación: **12.06.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2009184**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **31.12.2008**

54 Título: **Procedimiento para determinar la dilatación radial y/o el contenido de materiales de aglutinamiento hidráulico de cuerpos DSV**

30 Prioridad:
27.06.2007 AT 9952007

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
17.08.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
17.08.2012

73 Titular/es:
**PORR TECHNOBAU UND UMWELT AG
ABSBERGGASSE 47
1103 WIEN, AT**

72 Inventor/es:
**Lackner, Roman y
Meinhard, Klaus**

74 Agente/Representante:
Sugrañes Moliné, Pedro

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).

ES 2 386 320 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para determinar la dilatación radial y/o el contenido de materiales de aglutinamiento hidráulico de cuerpos DSV

5

La invención se refiere a un procedimiento conforme al preámbulo de la reivindicación 1.

Los llamados cuerpos de sistemas de alta presión para la desagregación del suelo o de roca poco compacta (DSV) se producen mediante el procedimiento de chorro por tobera, un acreditado procedimiento en obras subterráneas especiales para solidificar el subsuelo, en el que se introduce en el subsuelo a alta presión una suspensión de agua/aglutinante desde un varillaje de perforación que rota, resp. bascula. El varillaje de perforación es desplazado con ello partiendo de una máxima extensión longitudinal, en especial de una profundidad máxima de la columna DSV en la dirección de la boca de la perforación de sondeo, con lo que se forma una columna. A causa del sistema, en una columna DSV formada de este modo sólo es posible de forma limitada establecer su verdadera resistencia así como su dilatación, ya que pueden producirse columnas DSV en profundidades de hasta 20 metros y más. Por ello está previsto, para el control de calidad, excavar por zonas al menos una llamada columna de muestreo después de su producción, para determinar sus dimensiones. Sin embargo, esto presenta un gran número de inconvenientes. De este modo sólo es económicamente conveniente, resp. posible, dejar al descubierto una columna de muestreo hasta una profundidad de unos cuatro metros. Debido a que las condiciones del suelo a otras profundidades pueden diferir sin embargo de las condiciones del suelo en la zona de superficie inmediata, este procedimiento sólo ofrece indicaciones limitadas sobre la dilatación y la resistencia de las columnas DSV. Aparte de esto la excavación de una columna de muestreo es un esfuerzo que consume mucho tiempo, el cual retrasa el ulterior desarrollo de la obra al menos de tres a cinco días.

25 Del documento EP 1 930 506 A1 se conoce un procedimiento para comprobar un pilote en sitio.

La misión de la invención es por ello indicar un procedimiento de la clase citada al comienzo, con el que puedan evitarse los citados inconvenientes, con el cual puedan establecerse de forma rápida, sencilla, precisa y económica características, en especial dimensiones y calidad de la argamasa utilizada, de cuerpos DSV.

30

Esto se consigue conforme a la invención mediante las particularidades de la reivindicación 1.

Por medio de esto pueden establecerse de forma rápida, sencilla, precisa y económica características, en especial dimensiones y calidad de la argamasa utilizada, de cuerpos DSV. Por medio de esto no sólo puede prescindirse en gran medida de la excavación de un cuerpo de muestreo, en especial de una columna de muestreo, con lo que puede conseguirse un considerable ahorro de tiempo así como una reducción de costes en la obra, sino que pueden establecerse también una declaración bastante más precisa sobre la calidad, por ello de las dimensiones y/o de la resistencia de la columna DSV creada. Por medio de esto es posible mejorar considerablemente la seguridad en obras subterráneas, y poner a disposición del estadístico unos datos bastante más realistas sobre la capacidad de carga de las columnas DSV formadas que las columnas de muestreo establecidas según los procedimientos actuales. Por medio de esto puede impedirse que construcciones como por ejemplo puentes, edificios y/o túneles, a causa de capacidades de carga de columnas DSV aceptadas erróneamente se derrumben, inclinen y/o se produzcan daños de otro tipo.

45 Las reivindicaciones subordinadas que forman al mismo tiempo una parte de la descripción, al igual que la reivindicación 1, se refieren a otras configuraciones ventajosas de la invención.

La invención se describe con más detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que sólo se han representado a modo de ejemplo formas de ejecución preferidas. Con ello muestran:

50

la fig. 1 un diagrama de desarrollo de una primera forma de ejecución preferida del procedimiento conforme a la invención;

la fig. 2 una representación esquemática de la producción de un cuerpo DSV;

la fig. 3 la disposición de un sensor de temperatura en un cuerpo DSV;

55 la fig. 4 un diagrama de desarrollo de una segunda forma de ejecución preferida del procedimiento conforme a la invención;

la fig. 5 un primer gran número de curvas comparativas de temperatura a lo largo del tiempo;

la fig. 6 un segundo gran número de curvas comparativas de temperatura a lo largo del tiempo;

la fig. 7 la conductividad térmica de un suelo con tamaño de grano medio de 2 mm;

60 la fig. 8 una disposición de perforación conforme a la invención para trabajos de perforación en suelo;

la fig. 9 una disposición de perforación conforme a la fig. 8 con una punta de hincado conforme a la invención; y

la fig. 10 un cuerpo DSV con una punta de hincado dispuesta dentro del mismo.

Las figuras 1 y 4 muestran diagramas de desarrollo de formas de ejecución preferidas de un procedimiento para determinar la dilatación radial y/o el contenido de materiales de aglutinamiento hidráulico de cuerpos DSV 8, los cuales se forman mediante la introducción de materiales de aglutinamiento hidráulico en una zona de suelo 9, en donde se mide 1 al menos una primera curva de medición de temperatura 14 en un periodo de tiempo prefijable en al menos una primera zona del cuerpo DSV 8, en donde la primera curva de medición de temperatura se compara 4 con al menos una primera parte 2 prefijable de un primer gran número prefijable de curvas comparativas de temperatura 3 en un dispositivo de comparación, en donde en el caso de cumplirse un primer criterio de convergencia 5 prefijable, mediante una de las curvas comparativas de temperatura ésta se selecciona 6 como primera curva comparativa de temperatura, o en donde la curva comparativa de temperatura se selecciona 7 como segunda curva comparativa de temperatura con la mínima desviación de error con respecto a la primera curva de medición de temperatura.

A partir del porcentaje, resp. del contenido de materiales de aglutinamiento hidráulico, resp. de aglutinantes hidráulicos en cuerpos DSV 8, puede deducirse al menos de forma indirecta la resistencia del cuerpo DSV 8.

Por medio de esto pueden establecerse de forma rápida, sencilla, precisa y económica características, en especial dimensiones y calidad de la argamasa utilizada, de cuerpos DSV 8. Por medio de esto no sólo puede prescindirse en gran medida de la excavación de un cuerpo de muestreo, en especial de una columna de muestreo, con lo que puede conseguirse un considerable ahorro de tiempo así como una reducción de costes en la obra, sino que puede establecerse también una declaración bastante más precisa sobre la calidad, por ello de las dimensiones y/o de la resistencia de la columna DSV creada, resp. del cuerpo DSV 8. Por medio de esto es posible mejorar considerablemente la seguridad en obras subterráneas, y poner a disposición del estadístico unos datos bastante más realistas sobre la capacidad de carga de las columnas DSV formadas que las columnas de muestreo establecidas según los procedimientos actuales. Por medio de esto puede impedirse que construcciones como por ejemplo puentes, edificios y/o túneles, a causa de capacidades de carga de cuerpos DSV 8 aceptadas erróneamente se derrumben, inclinen y/o se hundan en el subsuelo.

Para la producción de cuerpos DSV 8 está previsto de forma preferida que los materiales de aglutinamiento hidráulico comprendan al menos un aglutinante hidráulico, en donde está previsto de forma preferida que el aglutinante hidráulico comprenda cemento, y que el primer contenido prefijable de aglutinante hidráulico sea un primer contenido de cemento. Sin embargo, también pueden estar previstos otros aglutinantes hidráulicos, por ejemplo cal en sus diferentes configuraciones, así como un conglomerado de materiales que comprenda cal y/o cemento. Para la descripción ulterior del procedimiento conforme a la invención y de la temática en la que se basa el mismo se utilizan alternativamente los términos materiales de aglutinamiento hidráulico, aglutinantes hidráulicos, argamasa aglutinada con cemento y/o cemento. La descripción de uno o varios pasos de procedimiento y/o de bases tecnológicas con relación al cemento no supone de forma preferida ninguna limitación del procedimiento conforme a la invención en cuanto al cemento, resp. a la argamasa aglutinada con cemento.

El procedimiento de chorro por tobera (DSV) es un procedimiento de mejora del suelo, en el que la estructura de suelo existente se destruye mediante un chorro de alta energía y el suelo, resp. la zona de suelo 9, se mezcla con la suspensión introducida (cemento y agua). Mediante la extracción hacia arriba y la rotación simultáneas del varillaje de perforación 10 se obtiene una estructura en forma de columna formada por suelo solidificado, que a partir de ahora recibe el nombre de cuerpo DSV 8. En las figuras 2.1, 2.2 y 2.3 se representan los diferentes pasos para formar un cuerpo DSV 8. En un primer paso, como se representa en la fig. 2.1, se perfora un agujero en la zona de suelo 9 a solidificar. Mediante una tobera en el varillaje de perforación 10 se introduce a alta presión argamasa en el suelo, como se representa en la fig. 2.2. Por medio de esto se destruyen por zonas las condiciones del suelo existentes, y se establecen de nuevo mediante la argamasa. Como puede verse comparando la fig. 2.2 y la 2.3, durante la expulsión se extrae siempre hacia arriba el varillaje de perforación 10, con lo que se forma una columna. También pueden formarse cuerpos DSV 8 que difieran de la forma de columna.

Los campos de aplicación principales del DSV son, aparte de la solidificación del terreno de fundación (p.ej. apuntalamientos, refuerzos de cimentación y saneamientos de cimentación), la producción de soleras de contención horizontales, paredes de contención verticales, bandejas de contención y medidas de estanqueidad en la construcción de túneles. Mediante estos múltiples campos de aplicación y a causa de la enorme flexibilidad del procedimiento (aplicación a diferentes tipos de suelo, así como diferentes modalidades espaciales, por ejemplo a causa de la falta de espacio), esta técnica de obra subterránea especial ha ganado importancia de forma creciente en los últimos años. La producción de los cuerpos DSV 8 en el subsuelo de la zona de suelo 9 se produce, a causa del procedimiento, sin control visual. Las posibles desviaciones causadas por oscilaciones de los parámetros de influencia no pueden reconocerse durante, resp. justo después de la producción. Estas desviaciones se refieren a las dimensiones y a la composición de los cuerpos DSV 8, que por un lado dependen del suelo que se presenta y por otro lado de parámetros de producción, como p.ej. caudal y valor de agua/cemento de la suspensión introducida así como velocidad de extracción y rotación del varillaje de perforación 10. Por este motivo los métodos para detectar las características de los cuerpos DSV 8 (dimensiones y calidad de la argamasa DSV) tienen una considerable importancia técnica pero también económica.

Para poder reconocer/evitar a tiempo casos de siniestro tiene una importancia capital el aseguramiento de la calidad de los cuerpos DSV 8 producidos con relación a sus dimensiones y características de material. Normalmente la determinación de las dimensiones obtenibles se realiza mediante columnas de muestreo, las cuales después de su producción se dejan al descubierto por excavación en la zona superior. Esto está ligado a un retraso de al menos 4-5 días en la obra y sólo permite una valoración de los trabajos de mejora del suelo en las capas superiores del suelo (hasta una profundidad máx. de aprox. 4 metros). Aparte de la demora en el desarrollo de la construcción, mediante las columnas de muestreo sólo se obtiene una conclusión puntual sobre las características obtenibles de los cuerpos DSV. En el caso de trabajos DSV en capas del suelo más profundas no es posible la producción de columnas de muestreo, ya que dejarlas al descubierto hasta mayores profundidades no podría materializarse técnicamente ni justificarse económicamente.

El método conforme a la invención representa un procedimiento novedoso para determinar el diámetro de cuerpos DSV 8 así como las características de material de argamasa DSV, en donde una primera curva de medición de temperatura 14 medida en el emplazamiento sobre un cuerpo DSV 8 se compara al menos con una primera parte prefijable de un primer gran número prefijable de curvas de comparación de temperatura. Con ello puede estar previsto que este gran número de curvas de comparación de temperatura se establezca por ejemplo mediante varios ensayos.

Está previsto de forma preferida que el gran número prefijable de curvas comparativas de temperatura se establezca por vía analítica, con lo que – con una elevada precisión – puede prescindirse de complicados ensayos. Ha quedado demostrado que un establecimiento de las curvas comparativas de temperatura del primer gran número prefijable de curvas comparativas de temperatura, a partir de las reacciones de fraguado exotérmicas de al menos un aglutinante hidráulico, conduce a unos resultados sorprendentemente precisos. Los parámetros buscados del cuerpo DSV 8 se determinan mediante retro-cálculo, con la utilización de la curva de medición de temperatura 14 medida en la obra. Por ello está previsto de forma preferida que las curvas comparativas de temperatura del primer gran número prefijable de curvas comparativas de temperatura se establezcan en cada caso para una combinación entre un primer radio prefijable del cuerpo DSV 8 y un primer contenido prefijable de aglutinante hidráulico. Por ello se establece un gran número prefijable de curvas comparativas de temperatura, de forma preferida se calcula, en función del primer radio del cuerpo DSV 8 así como de su primer contenido en aglutinante hidráulico, con lo que están disponibles rápidamente resultados de simulación precisos.

El modelo de material termoquímico planteado para describir el avance de la hidratación en materiales de construcción con contenido de cemento se describe a continuación. La medición de temperatura en la obra, necesaria para el retro-cálculo de los parámetros buscados del cuerpo DSV 8, se describe con más detalle en otro punto.

La hidratación de materiales aglutinados con cemento es un proceso exotérmico. El acoplamiento quimiotérmico que de esto se deriva conduce, en el curso de la hidratación, a un aumento de la temperatura en el cuerpo DSV 8. Por otro lado la temperatura influye en la velocidad de la reacción química (acoplamiento termoquímico). La solución a este problema de Two-Way-Coupling se describe a continuación. El avance de la hidratación se describe mediante una variable escalar m , la masa del agua aglomerada con hidratos (masa de hidratación). El grado de hidratación ξ representa la relación entre la masa de hidratación en un momento dado y la masa de hidratación con la hidratación completa, m_∞ :

$$\xi = m / m_\infty \quad (1)$$

La velocidad de la reacción química, $\dot{\xi} = d\xi/dt$, se describe con ayuda de una ley de Arrhenius (acoplamiento termoquímico):

$$\dot{\xi} = \tilde{A} \exp [- E_a / RT] \quad (2)$$

La afinidad química normalizada $\tilde{A}$ (ξ) reproduce la velocidad de reacción de los hidratos ya formados. El término exponencial tiene en cuenta la influencia la temperatura en la velocidad de reacción. En la ecuación (2), E_a se corresponde con la energía de activación de la reacción. Para cementos Portland es de 33.500 J/mol. R es la constante universal de los gases perfectos con $R = 8,315 \text{ J/(mol K)}$ y T es la temperatura absoluta en grados Kelvin.

Como consecuencia de la hidratación se libera el calor de hidratación. Este acoplamiento quimiotérmico se tiene en cuenta en la ecuación de campo para describir el problema térmico. Esta ecuación de campo se obtiene a partir del primer principio de la termodinámica.

$$\rho c \dot{T} + l_\xi \dot{\xi} = - \operatorname{div} q, \quad (3)$$

en donde ρ [kg/m³] se corresponde con la densidad y c [kJ/(kg K)] con la capacidad térmica específica. I_ξ es la cantidad total de calor que se libera durante la hidratación. La descarga de calor se tiene en cuenta mediante el vector de corriente térmica q , que a su vez está enlazado con la temperatura a través de la ley de conducción térmica de Fourier,

$$q = -\lambda \text{ grad } T. \quad (4)$$

λ [kJ/(m h K)] es el número de conductibilidad térmica.

La función de material intrínseca $\tilde{A}$ (ξ) puede determinarse con base en diferentes experimentos, mediante el aprovechamiento del acoplamiento quimiomecánico (ensayos de presión) o del acoplamiento quimiotérmico (ensayos adiabáticos). Actualmente las funciones $\tilde{A}$ (ξ) para diferentes aglutinantes se establecen mediante un calorímetro diferencial o mediante un modelo de hidratación multifásico. Aquí durante la hidratación se mantiene constante la temperatura de la muestra (compuesta por agua y cemento) y se mide la descarga de temperatura para ello necesaria. De las ecuaciones (2) y (3) se obtiene de este modo

$$\tilde{A} = - \text{div } q \exp [E_a/RT] / I_\xi, \quad (3)$$

En donde $\text{div } q$ se mide durante el ensayo.

Sobre la base del modelo de material termoquímico puede calcularse el desarrollo del grado de hidratación ξ así como el desarrollo de temperatura en un cuerpo DSV 8, de forma preferida con ayuda del método de los elementos finitos. Mediante la comparación del desarrollo de temperatura obtenido numéricamente con una medición llevada a cabo en la obra, puede deducirse tanto el contenido de cemento en el cuerpo DSV 8 como su radio.

La fig. 1 muestra un primer diagrama de desarrollo de una configuración preferida especialmente sencilla de un procedimiento conforme a la invención. Alternativamente al cálculo descrito anteriormente de las curvas comparativas de temperatura, también puede estar previsto establecer éstas a partir de varios ensayos con diferentes parámetros y archivarlas en bancos de datos, resp. hojas de datos.

De forma preferida está previsto evidentemente establecer las curvas comparativas de temperatura numéricamente, en donde el primer gran número prefijable de curvas comparativas de temperatura se establece, resp. calcula, mediante un procedimiento iterativo. La fig. 4 muestra un diagrama de desarrollo de un procedimiento iterativo de este tipo especialmente preferido, en donde en el caso de esta ejecución especialmente preferida están previstos también otros pasos de procedimiento ventajosos adicionales. Con ello está previsto de forma preferida que se prefije un primer margen de radios del cuerpo DSV 8, que de entre el primer margen de radios se seleccione una cantidad prefijable de primeros radios parciales, que se prefije un primer margen del contenido de aglutinante hidráulico, que del primer margen del contenido de aglutinante hidráulico se seleccione una cantidad prefijable de primeros márgenes parciales, y que se establezcan las curvas comparativas de temperatura para combinaciones prefijables, en especial para todas ellas, entre primeros radios parciales y primeros márgenes parciales. Por ello se prefija para el cálculo iterativo un margen para el primer radio así como para el primer contenido de cemento, resp. el primer contenido de aglutinante hidráulico.

Por ejemplo: radio	R_1 de 10 cm	a	150 cm;
contenido de aglut. hidráulico	Z_1 de 100 kg/m ³	a	1.000 kg/m ³

Los valores se seleccionan con ello de tal modo, que una columna DSV, resp. un cuerpo DSV 8, debería estar dentro de los límites correspondientes. Por ello en el primer paso se prefijan un primer margen de radios especialmente grande y un primer margen del contenido especialmente grande de aglutinante hidráulico. Asimismo puede estar previsto indicar una cantidad de pasos intermedios, por ejemplo de cuatro. La cantidad de pasos intermedios, sin embargo, también puede prefijarse ya de forma fija. El primer margen de radios y el primer margen del contenido de aglutinante hidráulico se distribuyen después de forma correspondiente a la cantidad de pasos intermedios. La clase de esta distribución puede ser prefijada por parte del usuario. De forma preferida está previsto que la distribución de los márgenes correspondientes se realice lineal o logarítmicamente. A modo de ejemplo, en el presente ejemplo puede estar prevista la siguiente distribución:

	10 cm	50 cm	100 cm	150 cm
primer margen del contenido de aglutinante hidráulico Z:				
	100 kg/m ³	300 kg/m ³	600 kg/m ³	1.000 kg/m ³

Asimismo se forman de forma preferida todas las posibles combinaciones de valores a partir de estos en cada caso cuatro parámetros y se establecen, con cada una de estas combinaciones de valores entre primeros radios parciales y primeros márgenes parciales, las curvas comparativas de temperatura.

Puede estar previsto comprobar si las diferentes curvas comparativas de temperatura establecidas cumplen el primer criterio de convergencia. El primer criterio de convergencia puede estar determinado con ello como margen prefijable alrededor de la primera curva de medición de temperatura. De forma especialmente preferida está previsto que el primer criterio de convergencia se prefije como variación prefijable del primer radio del cuerpo DSV 8 y del primer contenido de aglutinante hidráulico entre dos pasos iterativos consecutivos, como se describe a continuación.

En intervalos de tiempo prefijables, resp. en momentos prefijables, por ejemplo cada hora sucesiva, se compara la diferencia de cada curva comparativa de temperatura calculada con la curva de medición de temperatura 14. Para cada curva de temperatura medida 14 se establece con ello de forma preferida el error cuadrático y se adiciona. Con ello es necesario tener en cuenta que con cada desarrollo de temperatura calculado, la comparación con la curva de medición de temperatura 14 medida se realiza en los mismos momentos. Los errores cuadráticos establecidos se adicionan para cada curva comparativa de temperatura a un valor de error característico para esta curva comparativa de temperatura. La curva comparativa de temperatura con el menor valor de error se selecciona para otro paso iterativo como segunda curva comparativa de temperatura, en donde está previsto de forma preferida que se prefije un segundo margen de radios, que el segundo margen de radios se prefije como intervalo prefijable alrededor del segundo radio en el que se basa el establecimiento de la segunda curva comparativa de temperatura, que a partir del segundo margen de radios se seleccione una cantidad prefijable de segundos radios parciales, que se prefije un segundo margen del contenido de aglutinante hidráulico, que el segundo margen de intervalo prefijable se prefije como intervalo prefijable alrededor del segundo contenido de aglutinante hidráulico en el que se basa el establecimiento de la segunda curva comparativa de temperatura, que a partir del segundo margen del contenido de aglutinante hidráulico se seleccione una cantidad prefijable de segundos márgenes parciales, y que se establezcan las curvas comparativas de temperatura para combinaciones prefijables, en especial para todas ellas, entre segundos radios parciales y segundos márgenes parciales. De forma preferida se reduce y aumenta alrededor de un valor prefijable el segundo radio asociado a la segunda curva comparativa de temperatura y el segundo contenido de aglutinante hidráulico y, de este modo, se prefija un segundo margen de radios y un segundo margen del contenido de aglutinante hidráulico. De forma preferida puede estar previsto, por ejemplo, que el segundo margen de radios se seleccione mediante los límites:

$$\begin{aligned} R_{\text{margen 2 abajo}} &= R_{2^{\text{a}} \text{ curva comparativa de temperatura}} - 15\% \\ R_{\text{margen 2 arriba}} &= R_{2^{\text{a}} \text{ curva comparativa de temperatura}} + 15\%, \end{aligned}$$

y que el segundo margen del contenido de aglutinante hidráulico se seleccione mediante los límites:

$$\begin{aligned} Z_{\text{margen 2 abajo}} &= Z_{2^{\text{a}} \text{ curva comparativa de temperatura}} - 15\% \\ Z_{\text{margen 2 arriba}} &= Z_{2^{\text{a}} \text{ curva comparativa de temperatura}} + 15\%. \end{aligned}$$

El nuevo margen de valores se divide de nuevo en pasos intermedios, en donde a su vez se forman de forma preferida todas las combinaciones de valores. En cuanto una curva comparativa de temperatura cumple el primer criterio de convergencia, se indica la misma junto con el primer radio del cuerpo DSV 8 en el que se basa su establecimiento y el primer contenido de aglutinante hidráulico. Como se ha mencionado ya anteriormente está previsto, de forma conocida, que el primer criterio de convergencia se prefije como variación prefijable del primer radio del cuerpo DSV 8 y del primer contenido de aglutinante prefijable entre dos pasos iterativos consecutivos, como se deduce también de la fig. 4. En el procedimiento preferido descrito en la fig. 4 está previsto, por ejemplo, que se cumpla el primer criterio de convergencia si la variación del radio establecido entre dos pasos iterativos consecutivos es inferior a 2,5 cm y la variación del contenido establecido de aglutinante hidráulico es inferior a 50 kg/m³.

En un procedimiento conforme a la invención está previsto además, de forma preferida, tener en cuenta parámetros adicionales en su efecto sobre la curva comparativa de temperatura establecida. Como parámetros de este tipo, que tienen una influencia directa y/o indirecta en el desarrollo de las curvas comparativas de temperatura establecidas, han destacado sobre todo los siguientes parámetros como con una importancia parcialmente especial:

- la conductividad térmica del suelo,
- la conductividad térmica del cuerpo DSV,
- la capacidad de almacenamiento térmico del suelo,
- la capacidad de almacenamiento térmico del cuerpo DSV,
- la densidad aparente de los materiales de aglutinamiento hidráulico introducidos en la zona de suelo,
- la temperatura del suelo,
- la temperatura de los materiales de aglutinamiento hidráulico introducidos en la zona de suelo,
- parámetros del suelo, en especial tipo de suelo, compacidad y/o consistencia,
- la clase y la influencia de otros aglutinantes químicos.

La influencia de los diferentes parámetros puede deducirse física/químicamente, pero por lo demás tiene que establecerse mediante ensayos. Ha quedado demostrado que, al tener en cuenta algunos, de forma preferida todos

los parámetros antes citados a la hora de establecer las curvas comparativas de temperatura, los valores establecidos conforme a un procedimiento según la invención para el radio de un cuerpo DSV 8 y/o el contenido de aglutinante hidráulico coinciden de forma bastante más precisa con los valores reales que en todos los procedimientos antes conocidos. Los parámetros correspondientes deben ser conocidos al aplicar el procedimiento, y se establecen por ejemplo mediante muestras de suelo y mediciones de las temperaturas antes citadas. Las conductividades térmicas y las capacidades de almacenamiento pueden determinarse mediante pruebas de laboratorio y archivarse en bancos de datos, para estar disponibles para el procedimiento conforme a la invención. Todos los parámetros antes citados, excepto la capacidad de almacenamiento del cuerpo DSV 8 que depende mucho del contenido de cemento y que de forma correspondiente durante el establecimiento se adapta constantemente al mismo, permanecen constantes. La fig. 7 ilustra a modo de ejemplo en un diagrama la dependencia de la conductividad térmica del grado de saturación y de la densidad aparente de los materiales de aglutinamiento hidráulico.

Para la precisión del procedimiento conforme a la invención tiene una gran importancia la precisión de la curva de temperatura medida en el interior del cuerpo DSV 8. Para obtener una curva de medición de temperatura lo más exacta posible se ha desarrollado por lo tanto un procedimiento novedoso para introducir un primer sensor de temperatura 11 en un cuerpo DSV 8. Con ello está previsto que, después de la formación del cuerpo DSV 8, se implante en la perforación de sondeo un varillaje de perforación 10 con una punta de hincado 17, en cuya zona está dispuesto al menos un primer sensor de temperatura 11, y se introduzca fundamentalmente sin rotación en el cuerpo DSV 8 todavía deformable antes de su solidificación, y que la punta de hincado 17 se desacople junto con el primer sensor de temperatura 11 al alcanzar una profundidad máxima, y permanezca en el cuerpo DSV 8. Al contrario que en los procedimientos habituales, en los que se introduce un primer sensor de temperatura 11 mediante una barra que sólo presenta una rigidez insuficiente, manualmente en un punto indefinido en el cuerpo DSV 8 todavía deformable, en el procedimiento conforme a la invención el primer sensor de temperatura 11 se implanta mediante el varillaje de perforación 10, rígido y bien guiado, en el centro del cuerpo DSV 8, con lo que existe una coincidencia especialmente elevada entre el lugar real de registro de la curva de medición de temperatura 14 y el lugar de registro de la curva de medición de temperatura, supuesto a la hora de establecer las curvas comparativas de temperatura. Asimismo está previsto de forma especialmente preferida que al menos un primer sensor de temperatura 11 sea guiado en el interior del varillaje de perforación 10 en, resp. sobre un tubo 19, en especial un tubo metálico, y que las líneas de alimentación eléctricas hacia el primer sensor de temperatura 11 sean guiadas en el interior del tubo metálico. Después de la disposición del primer sensor de temperatura 11 y de la separación de la punta de hincado 17, se extrae el varillaje de perforación 10 desde el cuerpo DSV 8 y la punta de hincado 17 permanece junto con el primer sensor de temperatura 11 y el tubo 19 en el cuerpo DSV 8, como se ha representado por ejemplo en la fig. 10. Sobre el primer sensor de temperatura 11 pueden estar dispuestos otros sensores de temperatura con separaciones prefijables, de tal modo que para diferentes segmentos del cuerpo DSV 8 puede aplicarse en cada caso el procedimiento conforme a la invención para determinar la dilatación radial y/o la resistencia de cuerpos DSV 8, con lo que puede aumentarse todavía más la precisión de los resultados y la seguridad en la obra subterránea.

La fig. 3 muestra una disposición con cuerpo DSV 8 acabado y un primer sensor de temperatura 11 en el interior del cuerpo DSV 8. Asimismo aparece un segundo sensor de temperatura 12 por fuera de terreno, para registrar la temperatura ambiente. El registro de los datos de medición puede realizarse tanto manualmente como automáticamente mediante un registrador de datos 13, como se ha representado en la fig. 3. En el caso del registro automático se define el periodo de tiempo de lectura y se determina el intervalo entre los momentos de registro. Una indicación adicional sobre la pantalla del registrador de datos 13 hace posible una observación continuada del desarrollo de temperatura durante la hidratación del cuerpo DSV 8. La utilización de registradores de datos 13 hace posible una transferencia extremadamente sencilla de los datos de medición de temperatura entre los cuerpos DSV 8 y un PC. A continuación de esto los datos de medición pueden transformarse en diferentes formatos de datos (p.ej. ASCII). El tratamiento es por medio de esto muy sencillo y también puede llevarse a cabo en la propia obra.

La temperatura se mide de forma continuada durante el proceso de fraguado y, de este modo, se determina la curva de medición de temperatura 14. Las figuras 5 y 6 muestran curvas de medición de temperatura 14. Puede reconocerse claramente que el valor máximo de la temperatura medida y el momento, en el que se alcanza esta temperatura en el centro del cuerpo DSV 8, varían mucho con el radio del cuerpo DSV 8 y el contenido de aglutinante hidráulico en la suspensión introducida, resp. la argamasa introducida, en donde el contenido de cemento indicado en la fig. 5 se refiere al contenido de aglutinante hidráulico, y el diámetro de columna indicado en la fig. 6 es equivalente al radio del cuerpo DSV 8. A partir de estas mediciones puede reconocerse a su vez una relación entre el radio del cuerpo DSV 8 y las curvas de medición de temperatura 14 medidas. En el caso de mediciones sobre los cuerpos DSV 8, resp. las columnas DSV más pequeño(a)s, se produce antes en el tiempo la máxima temperatura en comparación con los cuerpos DSV 8 más grandes.

Para aplicar el procedimiento conforme a la invención para introducir un primer sensor de temperatura 11 en un cuerpo DSV 8 se ha previsto asimismo una disposición de perforación 15 novedosa para trabajos de perforación en suelo, con un varillaje de perforación 10, en donde en el extremo inferior – según se mira en la posición de uso – del varillaje de perforación 10 está dispuesta una punta de hincado 17 fundamentalmente inmóvil, y en donde en la zona

de la punta de hincado 17 está dispuesto al menos un primer sensor de temperatura 11. Una disposición de perforación de este tipo está representada por ejemplo en las figuras 8 y 9, en donde en la fig. 9 puede reconocerse bien la punta de hincado 17 desacoplable, la cual – según se mira en la posición de uso – está configurada como disposición metálica lisa 18 en ángulo obtuso, dispuesta dirigida hacia abajo.

- 5 Otras formas de ejecución conforme a la invención presentan solamente una parte de las particularidades descritas, en donde puede estar prevista cualquier combinación de particularidades, en especial también de diferentes formas de ejecución descritas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar la dilatación radial y/o el contenido de materiales de aglutinamiento hidráulico de cuerpos DSV (8), los cuales se forman mediante la introducción de materiales de aglutinamiento hidráulico en una zona de suelo (9), **caracterizado porque** se mide (1) al menos una primera curva de medición de temperatura (14) en un periodo de tiempo prefijable en al menos una primera zona del cuerpo DSV (8), porque la primera curva de medición de temperatura se compara (4) con al menos una primera parte (2) prefijable de un primer gran número prefijable de curvas comparativas de temperatura (3) en un dispositivo de comparación, porque en el caso de cumplirse un primer criterio de convergencia (5) prefijable, mediante una de las curvas comparativas de temperatura ésta se selecciona (6) como primera curva comparativa de temperatura, o porque la curva comparativa de temperatura se selecciona (7) como segunda curva comparativa de temperatura con la mínima desviación de error con respecto a la primera curva de medición de temperatura.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde los materiales de aglutinamiento hidráulico comprenden al menos un aglutinante hidráulico, **caracterizado porque** las curvas comparativas de temperatura del primer gran número prefijable de curvas comparativas de temperatura se establecen en cada caso para una combinación entre un primer radio prefijable del cuerpo DSV y un primer contenido prefijable de aglutinante hidráulico.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** las curvas comparativas de temperatura del primer gran número prefijable de curvas comparativas de temperatura se establecen a partir de las reacciones de fraguado exotérmicas de al menos un aglutinante hidráulico.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** las curvas comparativas de temperatura del primer gran número prefijable de curvas comparativas de temperatura se establecen mediante elementos finitos.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** a la hora de establecer las curvas comparativas de temperatura se tienen en cuenta como parámetros la conductividad térmica de la zona de suelo (9), y/o la conductividad térmica del cuerpo DSV (8), y/o la capacidad de almacenamiento térmico de la zona de suelo (9), y/o la capacidad de almacenamiento térmico del cuerpo DSV (8), y/o la densidad aparente de los materiales de aglutinamiento hidráulico introducidos en la zona de suelo, y/o la temperatura del suelo, y/o la temperatura de los materiales de aglutinamiento hidráulico introducidos en la zona de suelo (9), y/o parámetros del suelo, en especial tipo de suelo, compacidad y/o consistencia.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 5, **caracterizado porque** el aglutinante hidráulico comprende cemento, y el primer contenido prefijable de aglutinante hidráulico es un primer contenido de cemento.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** se prefija un primer margen de radios del cuerpo DSV (8), porque de entre el primer margen de radios se selecciona una cantidad prefijable de primeros radios parciales, porque se prefija un primer margen del contenido de aglutinante hidráulico, porque del primer margen del contenido de aglutinante hidráulico se selecciona una cantidad prefijable de primeros márgenes parciales, y porque se establecen las curvas comparativas de temperatura para combinaciones prefijables, en especial para todas ellas, entre primeros radios parciales y primeros márgenes parciales.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** se indica, junto con la primera curva comparativa de temperatura, el primer radio del cuerpo DSV (8) en el que se basa su establecimiento y el primer contenido de aglutinante hidráulico.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** a la hora de establecer una segunda curva comparativa de temperatura se prefija un segundo margen de radios, porque el segundo margen de radios se prefija como intervalo prefijable alrededor del segundo radio en el que se basa el establecimiento de la segunda curva comparativa de temperatura, porque a partir del segundo margen de radios se selecciona una cantidad prefijable de segundos radios parciales, porque se prefija un segundo margen del contenido de aglutinante hidráulico, porque el segundo margen de intervalo prefijable se prefija como intervalo prefijable alrededor del segundo contenido de aglutinante hidráulico en el que se basa el establecimiento de la segunda curva comparativa de temperatura, porque a partir del segundo margen del contenido de aglutinante hidráulico se selecciona una cantidad prefijable de segundos márgenes parciales, y porque se establecen las curvas comparativas de temperatura para combinaciones prefijables, en especial para todas ellas, entre segundos radios parciales y segundos márgenes parciales.

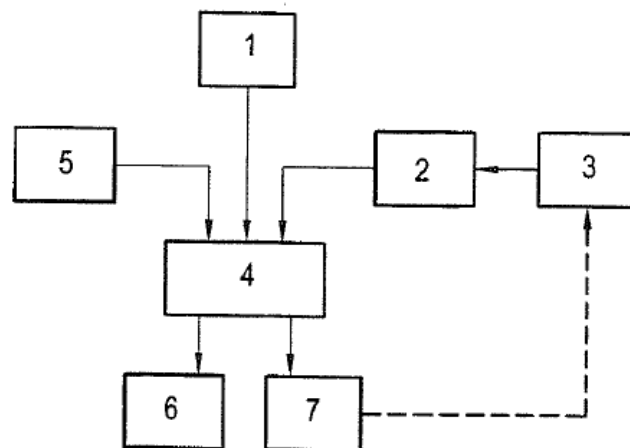


Fig. 1

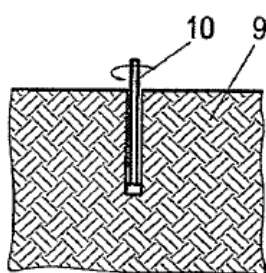


Fig. 2.1

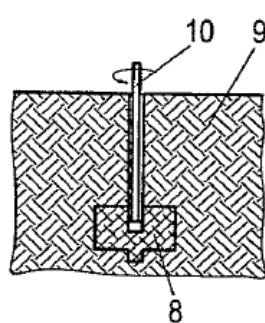


Fig. 2.2

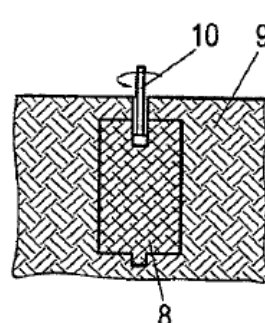


Fig. 2.3

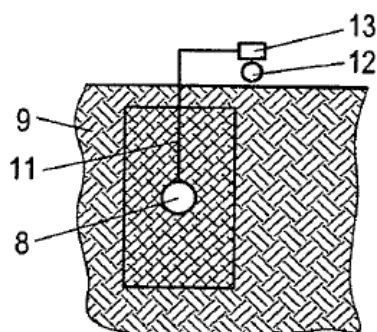
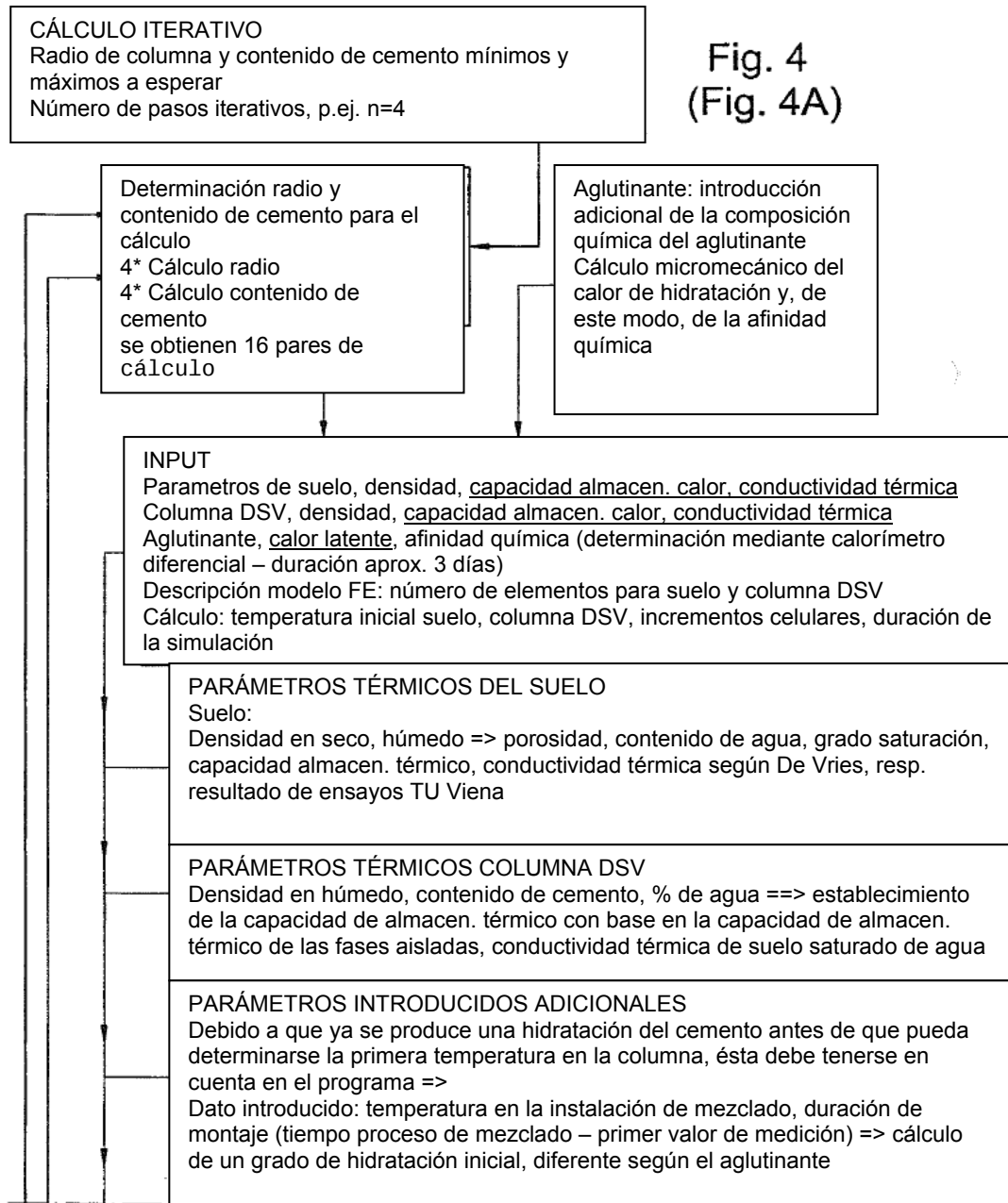


Fig. 3



hacia fig. 4B

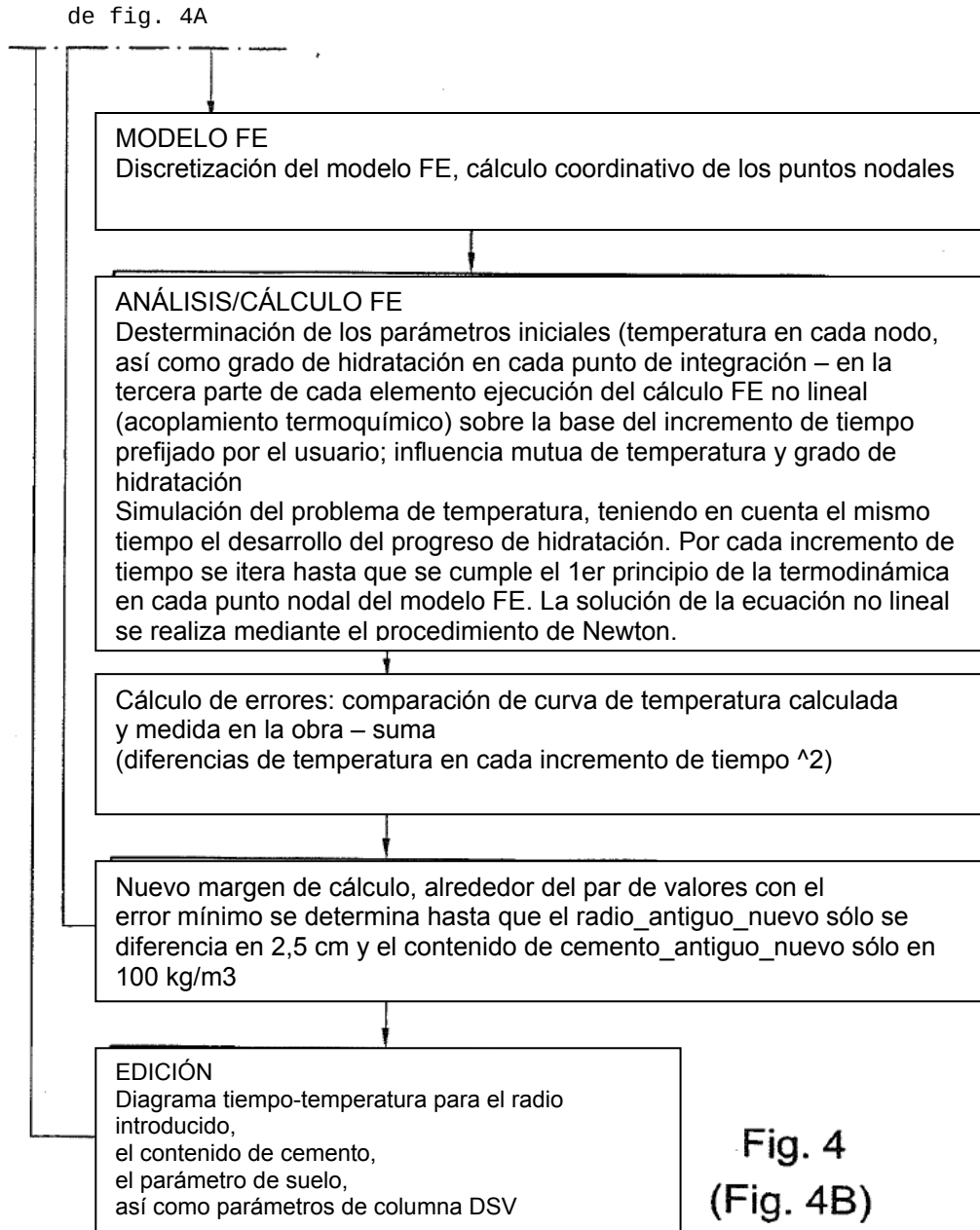
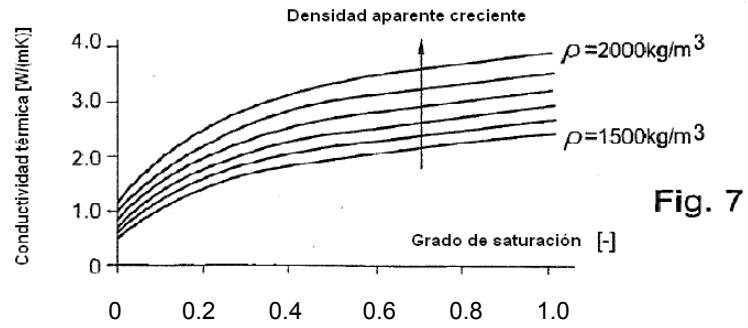
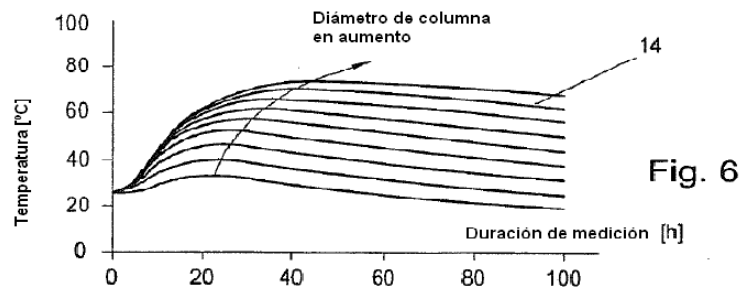
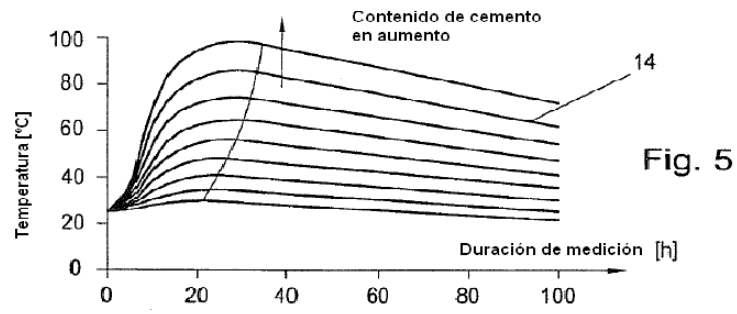


Fig. 4
(Fig. 4B)



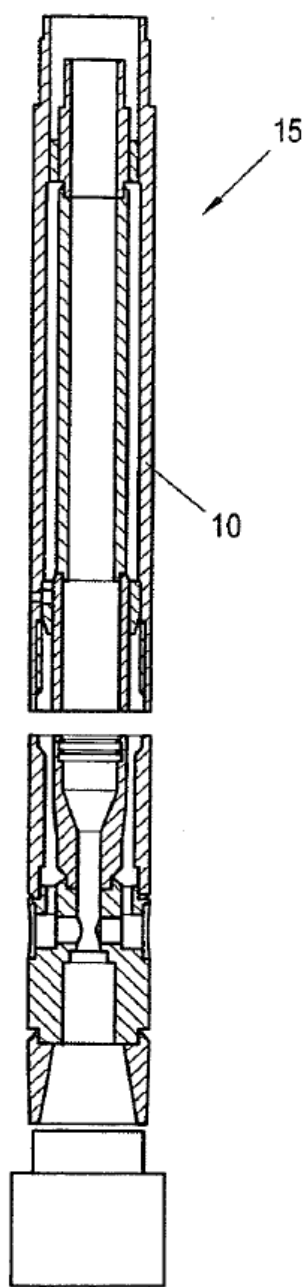


Fig. 8

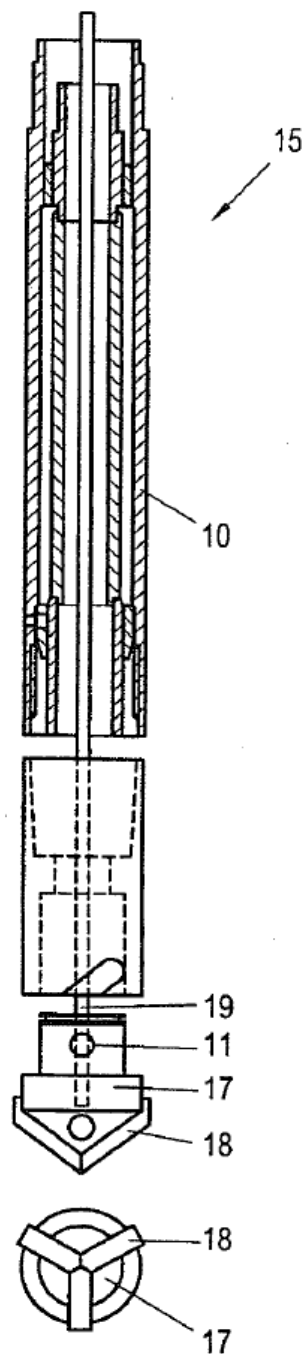


Fig. 9

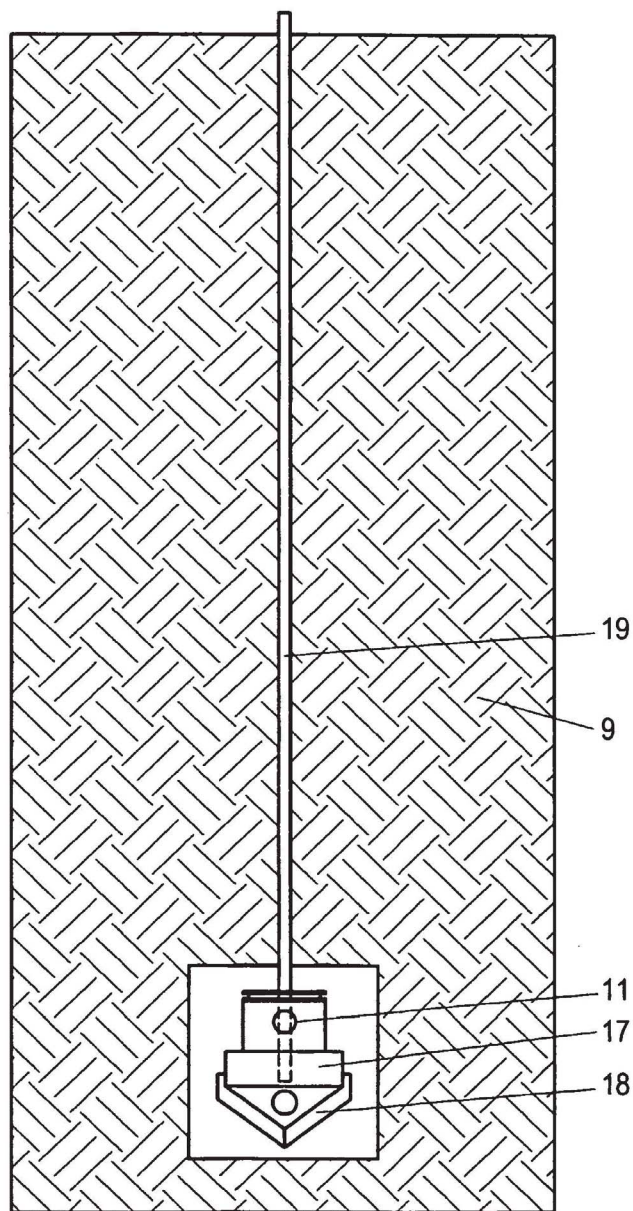


Fig. 10