



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 338 692**

51 Int. Cl.:
E02D 3/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06100622 .7**

96 Fecha de presentación : **19.01.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1712685**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.10.2006**

54 Título: **Procedimiento para la consolidación de frentes de excavación por medio de un miembro extensible en tensión.**

30 Prioridad: **19.01.2005 IT PC05A0003**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.05.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.05.2010

73 Titular/es: **Cristiano Bonomi**
Via dello Sport 16
20068 Peschiera Borromeo, IT

72 Inventor/es: **Bonomi, Cristiano**

74 Agente: **Álvarez López, Fernando**

ES 2 338 692 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).

ES 2 338 692 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la consolidación de frentes de excavación por medio de un miembro extensible en tensión.

5 La presente invención se refiere, en general, al sector de la construcción, más específicamente al procedimiento para instalación de un miembro en tensión innovador para la consolidación de frentes de excavación.

10 A lo largo de los años la excavación de túneles ha sufrido evoluciones considerables, posibilitadas principalmente por el uso de equipo moderno y nuevos materiales que, en conjunto, han permitido realmente realizar grandes obras de ingeniería civil que eran imposibles en el pasado. Un área donde se han concentrado los esfuerzos de investigación es indudablemente el campo de la excavación en suelos con baja cohesión sometidos al peligro de corrimientos de tierras tanto durante como después de la ejecución de las obras, para hacer la excavación segura y rápida.

15 En las grandes obras de ingeniería civil que requieren la excavación de túneles o movimientos de tierras a gran escala, se ha convertido en una práctica común consolidar el frente de excavación para prevenir el corrimiento de tierras, especialmente en presencia de formaciones arcillosas que hacen precaria la estabilidad del frente de excavación, ya que la extracción de suelo introduce localmente una reducción drástica de la capacidad del suelo de resistir los mayores esfuerzos causados por las obras de excavación.

20 Merece la pena mencionar que hasta hace pocos años, el problema de la estabilidad del frente de excavación dentro de un túnel únicamente fue abordado para garantizar una acción de retención temporal dentro de la cavidad y sobre el propio frente, para disminuir las dificultades de la excavación y renunciar, después de la excavación, a la oportunidad de cooperar en la estática de la obra a corto y largo plazo. Con este propósito, las obras operaciones realizadas estaban limitadas típicamente a una pequeña área periférica del frente de excavación.

25 Con la llegada de nuevos materiales sintéticos de alta resistencia, que eran fáciles de demoler durante las operaciones de excavación, se hizo posible abordar el problema de la estabilidad en una dimensión más amplia, extendiendo la acción de consolidación más allá de las dimensiones físicas de la excavación y, por consiguiente, permanente y eficaz a largo plazo.

30 El procedimiento provocó una revolución en el sector ya que permite que la masa de suelo delante y aguas arriba del frente de excavación adquiera las propiedades mecánicas necesarias para soportar los mayores esfuerzos causados por la excavación, haciendo innecesarias las operaciones para retención mecánica aguas abajo del túnel y permitiendo también la cooperación en la resistencia estática de la obra de ingeniería civil durante toda su vida.

35 La consolidación tiene lugar típicamente insertando una serie de elementos de refuerzo dispuestos estratégicamente sobre el frente de excavación a lo largo de un área periférica respecto al recorrido del túnel. Cada elemento de refuerzo está constituido sustancialmente por un barreno profundo de diámetro adecuado y de una longitud preseleccionada dentro del cual los "miembros de tensión", constituidos típicamente por varillas de refuerzo, son insertados en el centro del barreno; el agujero es rellenado luego con lechadas de cemento especiales inyectadas a alta presión. Combinando las elevadas capacidades de refuerzo de los refuerzos de fibra de vidrio con la posibilidad de realizar inyecciones a alta presión, se pueden obtener sorprendentes acciones de refuerzo extendidas a amplias áreas periféricas al túnel.

45 La inserción de estos refuerzos aguas arriba del frente de excavación hace menos traumática la modificación del estado de tensión del suelo, compensando el debilitamiento causado por la excavación gracias a la acción mecánica de tracción de los miembros de tensión que ejercen una acción de retención eficaz sobre el suelo, gracias a la adherencia a las varillas-cementación-suelo de la fibra de vidrio que es ejercida sustancialmente a través del intercambio de fuerzas tangenciales paralelas a la dirección longitudinal de las fibras de vidrio que reaccionan ofreciendo altas resistencias a la tracción.

50 Las excavaciones pueden llevarse a cabo así en suelo "consolidado" capaz de absorber los esfuerzos causados por la apertura de la cavidad sin necesidad de recursos particulares para extracción parcial de los refuerzos, que son destruidos por medios mecánicos de excavación habituales sólo en el área de excavación, permaneciendo en cambio en su sitio por toda la longitud restante.

55 De este modo, el suelo consolidado sigue siendo capaz de cooperar activamente en la estática de la cavidad, reduciendo así la parte de carga y permitiendo realizar obras de excavación con mayor velocidad y seguridad.

60 Se entiende así cómo la consolidación de los frentes de excavación representa una fase de crucial importancia en los modernos procedimientos de excavación, que además representa una parte significativa del coste.

65 No por casualidad, la tecnología de construcción moderna ha evolucionado rápidamente con respecto a los materiales y tecnologías de consolidación y aún sigue activa en la búsqueda de materiales que sean cada vez más fuertes, prácticos de instalar, más seguros y también cada vez más fáciles de demoler y reciclar para minimizar la contaminación atmosférica.

ES 2 338 692 T3

Entre las técnicas conocidas más populares, destaca el uso de miembros de tensión de fibra de vidrio; estos se insertan dentro de agujeros profundos taladrados en el terreno y luego se rellenan con lechadas de cemento inyectadas adecuadas. Los miembros de tensión normalmente están constituidos por uno o más perfiles de fibra de vidrio mantenidos paralelos con y distanciados estratégicamente unos de otros de manera que puedan cooperar en tensión y ofrecer simultáneamente un buen agarre con la lechada inyectada. Uno de los más ampliamente usados es la forma de estrella o triángulo donde se disponen tres barras con una sección rectangular para formar un triángulo equilátero o una estrella de tres lados, o la más común sección tubular.

Es importante señalar que el suelo puede adherirse al miembro en tensión de fibra de vidrio o de material compuesto hasta el punto que, por fricción, el suelo puede transmitir esfuerzo cortante a la lechada que, a su vez, lo transmite a los perfiles de fibra de vidrio y, por lo tanto, dichos perfiles puede ejercer, de hecho, una fuerza de retención eficaz hasta el punto que, con un miembro de doble paso suelo-lechada y lechada-miembro en tensión, se establece un buen nivel de fricción en ambos pasos.

Se especifica que, mientras por una parte es relativamente fácil producir elementos de refuerzo con magnífica resistencia a la tracción axial, en cambio es difícil, y a menudo limitador, asegurar un agarre bueno y uniforme por fricción entre la lechada y el suelo que a menudo está muy por debajo del límite de tensión del miembro en tensión. A pesar del hecho de que se usan lechadas de cemento expansivas de alta calidad, debe recordarse que el suelo tiene compacidad irregular y la operación para obstruir el agujero es un tanto problemática. Por consiguiente, la presión mecánica que la lechada intercambia con el suelo varía crónicamente dentro del agujero y la tendencia de las fuerzas de fricción que pueden ejercerse (y por lo tanto agarrar en el refuerzo) es inconstante, haciendo necesario introducir coeficientes de seguridad grandes y costosos para compensar la incierta uniformidad de la presión ejercida tanto entre la lechada como el suelo y entre la lechada y el miembro en tensión.

El problema no se limita sólo a la superficie de contacto entre el suelo y la lechada, sino que también implica la superficie de contacto entre la lechada y la fibra de vidrio, ya que el coeficiente de rozamiento es bajo y la forma de las superficies exteriores de los perfiles normalmente es lisa puesto que el producto es sustancialmente un producto estirado y, por lo tanto, la capacidad de retención eficaz del miembro en tensión es crítica.

Indudablemente, el uso de lechadas de cemento especiales que se expanden durante el fraguado incrementando la fuerza de presión tanto contra los perfiles como contra el suelo mejora los resultados, pero los incrementos son modestos, se incrementan los costes de la operación y en cualquier caso esto no palió el riesgo de distribución irregular de las presiones mecánicas, junto con la dificultad objetiva de realizar una inyección perfecta de la lechada, que, si se produce una posibilidad de hacerlo así, entra en las cavidades o se infiltra en las porosidades naturales encontradas en el agujero, en detrimento de las áreas del refuerzo que no reciben la presión deseada, reduciendo así la fuerza de tracción del refuerzo. Otra mejora conocida es el producir los perfiles variando la forma geométrica de las superficies para ofrecer adherencia mejorada, pero el procedimiento de estirado es difícil, los incrementos obtenidos también son modestos y los costes se incrementan en lugar de disminuir.

El documento US 3.496.729 describe un tubo protector para un pilote de hormigón. Puede hacerse de un material expandible y se inserta dentro de un agujero en el suelo antes de sacar un tubo de perforación; después, el tubo protector se rellena con hormigón y se hace expandir. Después de la extracción del tubo de perforación el tubo protector se expande contra las paredes del agujero. Puede situarse un refuerzo dentro del tubo protector, que ha de enterrarse en el hormigón. El procedimiento para producir el pilote de hormigón es, sin embargo, complicado y la colocación correcta del refuerzo puede ser difícil. El documento US3.496.729 se considera la técnica anterior más parecida y forma la base para el preámbulo de la reivindicación 1.

El documento DE3428549 describe un tubo de inyección para inyectar hormigón directamente dentro del suelo.

El documento US 4.832.535 describe un procedimiento de tratamiento del suelo, por medio del cual se realiza un agujero dentro del suelo mediante un taladro de configuración particular. El taladro es capaz de introducir un refuerzo, consolidar el suelo e inyectar lechada directamente dentro del suelo.

El propósito principal de la presente invención es producir un elemento de refuerzo para inyecciones de consolidación capaz de producir recompresión uniforme del suelo que rodea el barreno en el frente de excavación por medio de una única herramienta, potente y fácil de emplear.

Otro objetivo de la presente invención es producir un elemento de refuerzo para inyecciones de consolidación capaz de ofrecer un agarre fiablemente constante y uniforme sobre el suelo a lo largo de toda la longitud útil del refuerzo.

Otro objeto de la presente invención es producir un refuerzo que minimiza la cantidad de lechada necesaria para garantizar cierto intercambio de una fuerza deseada con el suelo.

Otro objetivo más de la presente invención es producir un refuerzo capaz de garantizar los resultados precedentes, usando lechada de cemento más económica.

ES 2 338 692 T3

La presente invención consigue estos y otros objetos más por medio de un elemento de refuerzo para consolidación de suelo, apto para ser insertado dentro de agujeros hechos en el suelo caracterizado por comprender:

5 un miembro de refuerzo en tensión de forma sustancialmente cilíndrica;

una funda extensible de forma sustancialmente tubular situada alrededor de al menos parte de la superficie lateral de dicho miembro en tensión y fijada al mismo por sus extremos libres para crear una junta con dicha superficie lateral;

10 un conducto para transportar lechada inyectable entre la superficie lateral de dicho miembro en tensión y dicha funda,

proponiendo así un elemento de refuerzo para refuerzos de consolidación de suelo, que es sencillo, económico y también fácil y sumamente rápido de instalar.

15 La invención también se refiere a un procedimiento para la consolidación de suelos, caracterizado por comprender las siguientes etapas:

20 apertura, en el suelo, de un agujero de diámetro adecuado;

inserción de un elemento de refuerzo como el descrito anteriormente dentro del agujero;

25 inyección de lechada de cemento a través del conducto de dicho elemento, hasta que se alcanza una presión deseada, con extensión de dicha funda;

solidificación de la lechada inyectada.

30 A continuación se describirá mejor la presente invención con la ayuda de las figuras adjuntas, en las que:

la figura 1 muestra esquemáticamente una vista en corte del elemento de refuerzo según la presente invención.

35 Las figuras 1a y 1b muestra esquemáticamente una sección transversal del elemento de refuerzo según la presente invención en la configuración inactiva.

Las figuras 2a y 2b muestran esquemáticamente una sección transversal del elemento de refuerzo según la presente invención en la configuración de funcionamiento.

40 Las figuras 3a y 3b muestran esquemáticamente una vista en corte de dos realizaciones diferentes del elemento de refuerzo según la presente invención.

Las figuras 4a y 4b muestran esquemáticamente una vista en corte de dos realizaciones constructivas adicionales del elemento de refuerzo según la presente invención.

45 La figura 5 muestra esquemáticamente una sección transversal del elemento de refuerzo según otra realización de la invención.

50 Las figuras 6a y 6b muestran esquemáticamente una sección transversal y una sección longitudinal del elemento de refuerzo de la figura 5, insertado dentro del suelo, mostrado en su configuración inactiva.

Las figuras 7a y 7b muestran esquemáticamente una sección transversal y una sección longitudinal del elemento de refuerzo según la invención, mostrado en su configuración de funcionamiento.

55 Según una realización particular, la invención se refiere a un elemento de refuerzo para la consolidación de suelos sometidos a corrimiento de tierras del tipo con un cuerpo del miembro en tensión de sección y cualidades mecánicas adecuadas, pensado para ser insertado dentro de barrenos profundos hechos en el suelo y recibir una inyección de lechada de cemento con el propósito de relleno y capaz, cuando fragua la lechada inyectada, de reforzar mecánicamente conectando el suelo al miembro en tensión, caracterizado porque tiene:

- 60
- un cuerpo del miembro de refuerzo en tensión de forma sustancialmente cilíndrica, preferentemente, aunque no necesariamente hecho de fibra de vidrio, de longitud y diámetro exterior apropiados, que tiene una pluralidad de cavidades longitudinales hechas en la superficie exterior para conformar el miembro en
 - 65 tensión según una forma de eje ranurado;
 - una funda extensible en forma de una porción de tubo cilíndrico cerrado, preferentemente, aunque no necesariamente hecho de una tela elástica impermeable, de una longitud ligeramente menor que la longitud

ES 2 338 692 T3

de dicho cuerpo del miembro en tensión, que se inserta sobre la superficie de dicho miembro en tensión forzando a la forma a copiar preferentemente la forma del perfil ranurado del cuerpo del miembro en tensión, incluyendo las superficies de la cavidad; la funda tiene ambos extremos firmemente obturados contra la superficie exterior de dicho cuerpo del miembro en tensión para producir un espacio extensible y estanco, siendo dicha funda capaz de variar su forma geométrica, en particular de expandirse radialmente debido a la inyección de fluido hidráulico a presión dentro de la misma, pasando de una posición inactiva en la que envuelve dicho miembro en tensión y tiene unas dimensiones radiales mínimas, a una posición de funcionamiento, en la que debido a dicha inyección dentro del espacio que existe entre el miembro en tensión y la superficie interior de la funda, ésta se expande radialmente, hinchándose sin romperse hasta que tiene dimensiones radiales mayores que el barreno en el suelo dentro del cual se inserta el elemento de refuerzo;

- un conducto de diámetro adecuado para transportar lechada inyectable, normalmente colocado en el centro de dicho miembro en tensión y que se extiende sustancialmente por toda la longitud del miembro en tensión, con dos aberturas extremas, de las cuales una está cerrada herméticamente y una está abierta, actuando como una entrada para inyección de un fluido hidráulico, y al menos una salida situada en una posición intermedia a dichas dos aberturas extremas, que conecta radialmente dicho conducto con el espacio que existe entre la superficie exterior del miembro en tensión y la superficie interior de dicha funda que lo envuelve;

estando pensado dicho elemento de refuerzo constituido por dicho miembro en tensión cubierto por dicha funda en la posición inactiva para ser insertado dentro de un barreno profundo hecho dentro del suelo que ha de ser consolidado y para recibir la inyección de lechada de cemento inyectada en estado líquido y a presión adecuada dentro de dicho conducto para causar el hinchamiento radial de la funda hasta que la superficie exterior se adhiera contra la superficie interior del barreno, y siguiendo dilatándose hasta ajustarse localmente al suelo e incrementar el diámetro del barreno hasta que la presión hidráulica aplicada a dicho fluido sea igual a la reacción contraria del suelo que contrarresta la dilatación, permitiendo así que se establezca presión hidrostática uniforme, comprimiendo tanto la funda contra el suelo como entre la lechada y el miembro en tensión a lo largo de toda la longitud útil del elemento de refuerzo, garantizando así el intercambio uniforme de fuerzas tangenciales entre el suelo y el miembro en tensión. También es posible que el cuerpo de tensión no presente ranuras como se describió anteriormente.

La figura 1 representa una sección transversal del elemento de refuerzo 1, compuesto esencialmente de tres elementos característicos: un cuerpo de tensión (o miembro en tensión) 2, un conducto de alimentación 4 y una funda exterior 5, que rodea el miembro en tensión 2.

El miembro en tensión 2 está compuesto sustancialmente por una barra, típicamente, aunque no necesariamente hecha de fibra de vidrio extruida, con una pluralidad de ranuras 3 dispuestas en correspondencia con la superficie exterior del miembro en tensión. El miembro en tensión tiene un conducto 4 para suministrar lechada de cemento en una posición central y una pluralidad de pequeños agujeros radiales 6 que conectan el conducto central 4 al espacio que existe entre la superficie interior de la funda y la superficie exterior del miembro en tensión.

El miembro en tensión, hecho, por ejemplo, de fibra de vidrio pultrusionada o equivalente, puede ser monolítico o tener secciones diferentes, es decir, en forma de estrella, triangular u otras formas.

Las figuras 1a y 1b muestran una sección transversal del elemento de refuerzo 1 premontado e insertado dentro de un agujero ciego 7 taladrado en el suelo 8.

Puede observarse que la funda 5, normalmente hecha de un material impermeable y elástico, se extiende longitudinalmente y en ambos extremos tiene un área sellada 10 donde la superficie interior 11 de la funda 5 se adhiere herméticamente a la superficie exterior 12 del miembro en tensión 2. La conexión 10 resiste la presión y se mantiene estable interponiendo aglutinantes adecuados y/o por la aplicación de abrazaderas mecánicas exteriores y/o por termoformación, no mostrado en la figura por simplicidad. El conducto 4 pasa a través del miembro en tensión por toda su longitud y tiene típicamente un extremo cerrado 13, un extremo de alimentación abierto 14 y una pluralidad de agujeros radiales intermedios 6 distanciados adecuadamente unos de otros para conectar el conducto 4 hidráulicamente con el espacio 16 que existe entre la superficie interior 11 de la funda 11 y la superficie exterior 12 del miembro en tensión 2.

Cada agujero radial 6 puede tener una válvula de retención, no mostrada en la figura, cuyo propósito es facilitar el mantenimiento de la presión de la lechada inyectada dentro de la funda 5.

Si se especifica que el elemento de refuerzo 1 es en conjunto, es fácil de insertar dentro del agujero 7 ya que las dimensiones exteriores del miembro en tensión 2 son menores que el diámetro interior del agujero 7, no obstante la elección de sección del miembro en tensión 2.

Las figuras 2a y 2b describen los procedimientos para instalar el elemento de refuerzo 1 descrito en las Figuras 1, 1a y 1b. En particular, la Figura 2b muestra cómo, suministrando a la entrada 14 del conducto 4 lechada de cemento a presión adecuada, la lechada inyectada llega a los agujeros de distribución radial 6 y fluye dentro del espacio 16 y

ES 2 338 692 T3

causa el hinchamiento radial progresivo de la funda 5 que continúa en su desplazamiento radial hasta que entra en contacto con la superficie interior 19 del barreno 7 en el suelo 8.

Es importante observar que la lechada de cemento se inyecta hasta que el valor de la presión se estabiliza en un valor de carga deseado y que esta presión es estabilizada a expensas del suelo que es compactado y aumenta de diámetro. La deformación de la funda 5 se detiene en la condición equilibrada en la que la presión de la lechada es igual a la contrapresión del suelo que se opone a esta deformación, una condición que causa deformación (hinchamiento) de la funda que está muy lejos de los límites de estallido. Esta condición esencial es posible debido al hecho de que en la posición inactiva, las ranuras 3 producidas longitudinalmente en el miembro en tensión 2 contienen una porción considerable del volumen de la funda 5 que, cuando se hincha debido a la lechada inyectada, puede tener un perímetro que ya es mayor que el diámetro interior 7 incluso antes de que comience a dilatarse. La inyección progresiva de lechada, destinada a ser contenida volumétricamente dentro de la funda 5, causa deformación elastoplástica del suelo que es comprimido realmente para agrandar el barreno y crea una reacción de contrapresión que se incrementa con la compactación inducida.

Cuando la lechada inyectada causa el hinchamiento de la funda 5, que cambia de la posición inactiva 22 de la Figura 1b (rodeando el miembro en tensión 2) a la posición de funcionamiento 23 de la Figura 2b (hinchada a una presión deseada), debido a presión hidrostática, tanto las superficies interiores/exteriores relativas del suelo 8 como el miembro en tensión 2, para la porción entre los extremos 10, concretamente la longitud útil, son sometidos a presión constante y perfectamente uniforme. Debe especificarse que la funda deja de hincharse cuando el suelo, que se expande debido a la presión, comienza a oponerse a la deformación, estableciendo una contrapresión que luego sigue siendo eficaz cuando fragua la lechada.

Esto tiene como resultado una ventaja considerable puesto que, no sólo gracias a un control de presión exacto, se establecen elevadas fuerzas de fricción tanto entre el suelo y la lechada endurecida como entre la lechada endurecida y el miembro en tensión (y de ese modo entre el suelo y el miembro en tensión), pero estas fuerzas también están presentes uniformemente a lo largo de toda la longitud útil del refuerzo.

También debe señalarse que estas fuerzas de fricción pueden incrementarse localmente adoptando superficies exteriores onduladas de la funda y del miembro en tensión (con adherencia mejorada) y la efectividad de esta mejora es relevante sólo hasta el punto al que puede incrementarse la fuerza de presión radial. Esta mejora tendría poco efecto en los casos convencionales pero resulta eficaz en el elemento de refuerzo que forma el objeto de la descripción.

En pocas palabras, la presencia de la funda, si puede expandirse gracias a su propia elasticidad, o si puede expandirse debido al hecho de que está colocada estratégicamente dentro de las ranuras del miembro en tensión, permite que se establezca una presión de carga hidrostática antes de que fragüe la lechada, garantizando no sólo fuerzas de fricción que son, con mucho, localmente más altas, sino que también están perfectamente distribuidas a lo largo de toda la longitud útil del miembro en tensión, garantizando así mucha mayor eficacia que la que se puede obtener por procedimientos convencionales que, aunque utilizando miembros de tensión con elevada resistencia a la tracción, realmente retienen el suelo con grandes desventajas debido a la dificultad de realizar inyecciones uniformes.

La Figura 4a muestra una realización por medio de la cual la funda 5 tiene una sección circular mientras que el cuerpo del miembro en tensión 2 aún tiene una pluralidad de ranuras 3, mientras que en la Figura 4b tanto la funda exterior como el cuerpo del miembro en tensión tienen una forma circular; en ambos casos la funda 5 se expande ya que está hecha de un material suficientemente elástico.

A partir de lo anterior puede observarse cómo el elemento de refuerzo según la presente invención logra los resultados propuestos, permitiendo en particular que se obtengan las siguientes ventajas:

- la cantidad de mortero de cemento inyectado está limitada por el volumen de la funda dilatada y, por lo tanto, es controlable;
- por inyección de lechada de cemento, la funda se expande hacia fuera ejerciendo presión hidrostática que después del fraguado tiene como resultado cooperación estática máxima y uniforme entre el suelo y el elemento de refuerzo, mejorando así considerablemente la efectividad de cada operación de refuerzo;
- debido al efecto combinado de empuje de presión hidráulica y una notable rugosidad superficial, la superficie exterior de la funda puede intercambiar con el suelo fuerzas tangenciales más altas;
- el elemento de refuerzo resulta perfectamente adecuado para ser utilizado con lechadas de cemento convencionales y ordinarias;
- el elemento de refuerzo, que contiene, por otra parte, volúmenes limitados de lechada, es fácil de demoler durante las operaciones de excavación y posteriormente fácil de desechar como residuos.

ES 2 338 692 T3

Según una realización adicional, la invención se refiere a un elemento de refuerzo para la consolidación de suelos sometidos a corrimiento de tierras del tipo con un cuerpo del miembro en tensión de sección y cualidades mecánicas adecuadas, pensado para ser insertado dentro de barrenos profundos hechos en el suelo y recibir una inyección de lechada de cemento con el propósito de relleno y cooperar con una funda exterior capaz de expandirse debido a que la lechada de cemento inyectada en el interior se hincha hasta que la lechada establece con el suelo una presión deseada, caracterizado porque:

- dicho cuerpo del miembro en tensión está compuesto de un tubo hueco de pared delgada con forma sustancialmente cilíndrica y cavidad interna, preferentemente, aunque no necesariamente hecha de material compuesto, con longitud, grosor y diámetro exterior apropiados, que tiene a lo largo de una mayor parte de su longitud un corte longitudinal sustancialmente paralelo a una generatriz de su superficie exterior, que confiere a la sección transversal del tubo una forma de "C";
- teniendo dicho tubo un tapón de cierre colocado en cada extremo, de los que el tapón del extremo externo, denominado el tapón de alimentación, tiene un agujero de dimensiones adecuadas para introducir lechada a presión dentro de la cavidad de dicho tubo, teniendo el tapón opuesto una función de cierre;
- dicha funda extensible en forma de una porción de revestimiento tubular cerrada, preferentemente, aunque no necesariamente hecha de una tela inelástica impermeable, de una longitud ligeramente menor que la longitud de dicho cuerpo del miembro en tensión y diámetro definitivamente mayor, en la que se inserta dicho miembro en tensión, adhiriéndose la funda a la superficie exterior de dicho tubo, siendo recogida la porción de funda sobrante en correspondencia con dicho corte longitudinal provisto en dicho cuerpo del miembro en tensión;
- está provista al menos una abrazadera en correspondencia con cada extremo de dicho tubo, fijando dicha funda a dicho tubo apretando radialmente la funda, estableciendo una junta mecánica e hidráulica;
- siendo dicha porción de funda sobrante introducida y almacenada dentro de la cavidad de dicho cuerpo del miembro en tensión a través de dicho corte a lo largo de toda la longitud disponible definida entre las abrazaderas;

estando pensado dicho elemento de refuerzo constituido por dicho tubo cortado longitudinalmente cubierto por dicha funda en una posición inactiva para ser insertado dentro de un barreno profundo hecho dentro del suelo que ha de ser consolidado, la inyección de lechada de cemento en estado líquido y a presión adecuada dentro de dicha cavidad de dicho tubo a través de dicho tapón de alimentación causando hinchamiento radial del tubo que, incapaz de resistir la presión, se abre ensanchando considerablemente el corte longitudinal, expulsando la porción de funda originalmente almacenada en el interior, haciendo que el hinchamiento radial de la funda hasta su superficie exterior se adhiera contra la superficie interior del barreno, y siguiendo dilatándose para ajustarse localmente al suelo e incrementando el diámetro del barreno hasta que la presión hidráulica aplicada a dicho fluido sea igual a la reacción contraria del suelo que contrarresta la dilatación, permitiendo así que se establezca presión hidrostática uniforme, tanto comprimiendo la funda contra el suelo como la lechada contra el miembro en tensión a lo largo de toda la longitud útil del elemento de refuerzo, garantizando así, a través de la lechada, el intercambio uniforme de fuerzas tangenciales entre el suelo y el miembro en tensión, conteniendo al mismo tiempo el volumen de lechada requerido para el funcionamiento del elemento de refuerzo.

La Figura 5 muestra una sección transversal del elemento de refuerzo según otra realización de la invención, que comprende un cuerpo del miembro en tensión 101, compuesto de un tubo de pared delgada y una funda exterior 102, que envuelve el cuerpo del miembro en tensión 101.

El cuerpo del miembro en tensión 101 está compuesto sustancialmente de un tubo de sección transversal circular que tiene un corte longitudinal 103 (también denominado hendidura) a lo largo de toda su longitud útil, que le imparte una estructura en forma de "C" abierta. Preferentemente, el corte no afecta a toda la longitud, en particular no a los extremos, donde los extremos de la funda generan una junta con el cuerpo del miembro en tensión.

El corte 103 tiene funciones primarias, sin afectar sustancialmente a la resistencia a la tracción del cuerpo, mientras que deliberada y considerablemente reduce su resistencia a la presión hidráulica interna además de actuar geométricamente, como se explica mejor más adelante, como una hendidura para recibir y alojar una porción de la funda dentro del tubo.

El tubo puede tener un diámetro exterior de entre 40 y 60 mm, mientras que la funda, si está hecha de material inelástico, tiene un diámetro exterior de entre 130 y 180 mm.

La funda 102 está hecha generalmente de material impermeable inelástico y se inserta en parte dentro de la cavidad cilíndrica 104 del tubo 101. En particular, muestra una primera zona I, hecha para adherirse al tubo 101 sobre toda su superficie exterior, con la excepción de la zona 103 en la que está cortado, una segunda zona II, mostrada con línea discontinua, que representa la porción de funda que sobra con respecto al diámetro del tubo 1, y una zona III, que muestra cómo la zona II es recogida originalmente dentro de la cavidad 104, forzando a la zona II a través de la hendidura 103 del tubo 1.

ES 2 338 692 T3

Como se muestra mejor en la siguiente figura, la funda presenta sus dos extremos estrechamente obturados sobre la superficie exterior de dicho cuerpo del miembro en tensión, formando así un espacio intermedio extensible y estanco.

5 Las Figuras 6a y 6b muestran una sección transversal del elemento de refuerzo 101 premontado e insertado dentro de un agujero ciego 105, abierto dentro del suelo 106. Debe señalarse cómo la funda 102, hecha comúnmente de una tela impermeable y/o elástica, se extiende longitudinalmente y tiene, en correspondencia con ambos extremos una zona obturada por medio de abrazaderas 107 y 108, que también pueden ser sustituidas por medios adecuados, por ejemplo, pegamento. El conducto interior 104 del cuerpo del miembro en tensión 101, se extiende a lo largo de toda la longitud del miembro en tensión y tiene comúnmente un tapón de cierre 110, un tapón de alimentación 109, que permite la inyección de lechada de cemento a presión dentro de la cavidad 104 del tubo 101. La figura 6b además muestra la porción L del tubo, en la que está alojada la porción de la funda III de la figura 5. Debe observarse cómo el elemento de refuerzo mantiene su forma cilíndrica, siendo así fácil de insertar dentro del agujero 105 abierto dentro del suelo. En las figuras 7a y 7b, se describe el procedimiento para instalar el elemento de refuerzo 101 de las figuras 6a y 6b. En particular, la figura 7b muestra cómo, suministrando lechada de cemento, a presión adecuada, a la cavidad 104 del tubo 101, a través de la abertura de entrada 114, la lechada inyectada primero rellena completamente la cavidad 104, luego la presión sube y dilata el tubo 101, que ensancha la hendidura 113, en particular a lo largo de la longitud L de la figura 6b, expulsando así la porción de la funda III fuera de la cavidad 104, forzando su hinchamiento hasta que se rellena todo el espacio intermedio de aire, que existe entre el miembro en tensión y el agujero 105, en el suelo 106.

El hinchamiento de la funda 11 continúa contra el suelo 106, que es ajustado localmente, y termina sólo cuando el suelo opone una contrapresión deseada, que corresponde a un “agarre” seguro del miembro en tensión.

25 Las dimensiones de la funda 102 están previstas de manera que llegue a su configuración de funcionamiento sin limitar su propia deformación u oponer contrapresión debido al alcance de sus propios límites de deformación. En otras palabras, deja al suelo la oportunidad de deformarse y generar una contrapresión.

30 Cuando la lechada inyectada causa el hinchamiento de la funda 102, que cambia de su configuración inactiva III de la figura 101 (envuelta alrededor del tubo y parcialmente alojada dentro de la cavidad 104 del tubo 101) a la configuración operativa III de la figura 7b (hinchada hasta que el suelo ofrece una contrapresión deseada), debido a la presión hidrostática, tanto el suelo 106 como el miembro en tensión 101, a lo largo de la longitud entre los extremos 107 y 108, denominada la longitud útil, tienen sus superficies exterior/interior sometidas a una presión constante y perfectamente uniforme.

35 La funda 102 es de importancia fundamental en ese sentido, ya que controla la extensión de la lechada, por una parte, impidiendo el escape local y, por otra, permitiendo que el suelo sea comprimido en condición elastoplástica hasta que pueda ofrecer una reacción contraria fuerte.

40 Esto provoca una enorme ventaja, ya que no sólo debido a un control de presión exacto, se generan elevadas fuerzas de fricción tanto entre el suelo y la lechada endurecida, como entre la lechada endurecida y el miembro en tensión (y de ese modo entre el suelo y el miembro en tensión), y dichas fuerzas están distribuidas uniformemente a lo largo de toda la longitud útil del elemento de refuerzo.

45 A partir de lo que se explicó anteriormente, se deduce cómo el elemento de refuerzo según la presente invención logra los objetivos propuestos, en particular permite realizar el procedimiento según las enseñanzas de la descripción anterior, provocando así todas las ventajas analizadas y además es fácil y económico de producir.

50 El cuerpo del miembro en tensión puede ser de cualquier material adecuado, por ejemplo, fibra de vidrio, fibra de carbono o una combinación de las mismas, acero, PVC reforzado, y también puede comprender un tubo que comprende una red de acero.

55 La funda puede ser de material sustancialmente inelástico y sus dimensiones radiales son mayores que las del cuerpo del miembro en tensión, permitiendo así su extensión con generación de un espacio intermedio entre la funda y el cuerpo del miembro en tensión.

60 Alternativamente, puede ser de material elástico, y apto para expandirse más allá de las dimensiones radiales del cuerpo del miembro en tensión. De ese modo es posible, por medio de la inyección de lechada, una extensión de la funda, agrandando el elemento de refuerzo más allá de las dimensiones del agujero en el suelo, como se describió anteriormente.

El material que constituye la funda puede ser de cualquier clase adecuada, por ejemplo, que comprenda una tela no tejida.

65 La funda también puede estar hecha de una tela de capas múltiples, teniendo al menos una capa elevada resistencia mecánica y una capa impermeable.

ES 2 338 692 T3

Por supuesto, las soluciones presentadas anteriormente se proporcionan meramente a modo de ejemplo y, por lo tanto, no limitador, ya que pueden hacerse todas las modificaciones posibles según el conocimiento de los expertos en la materia, sin apartarse de la esfera de protección del ámbito inventivo definido por la descripción anterior y expuesto en las reivindicaciones adjuntas.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Elemento de refuerzo para consolidación de suelo, apto para ser insertado dentro de agujeros hechos en el suelo **caracterizado** por comprender:
- un cuerpo del miembro de refuerzo en tensión (2, 101) de forma sustancialmente cilíndrica;
- 10 una funda extensible (5, 102) de forma sustancialmente tubular situada alrededor de al menos parte de la superficie lateral de dicho cuerpo del miembro en tensión y fijada al mismo por sus extremos libres para crear una junta con dicha superficie lateral;
- un conducto (4, 104) para transportar lechada inyectable entre la superficie lateral de dicho cuerpo del miembro en tensión y dicha funda,
- 15 siendo capaz dicha funda, cuando se expande, de crear, con la superficie lateral de dicho miembro en tensión, un espacio intermedio (16), siendo dicha junta capaz de retener la lechada dentro de dicho espacio intermedio incluso cuando se expande la funda.
- 20 2. Elemento de refuerzo según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho conducto está provisto en dicho cuerpo del miembro en tensión.
3. Elemento de refuerzo según la reivindicación 2, **caracterizado** porque dicho conducto está constituido por un agujero que pasa longitudinalmente a través de toda la longitud del miembro en tensión y cerrado por un extremo.
- 25 4. Elemento de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la superficie exterior de dicho cuerpo del miembro en tensión tiene una pluralidad de ranuras longitudinales (3).
- 30 5. Elemento de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque dicho cuerpo del miembro en tensión tiene un tubo, que tiene un corte longitudinal (103), adaptado para recibir una porción (III) de dicha funda.
- 35 6. Elemento de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque dicho cuerpo del miembro en tensión está hecho de fibra de vidrio o fibra de carbono, o una combinación de las mismas.
7. Elemento de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque dicho cuerpo del miembro en tensión está hecho de acero.
- 40 8. Elemento de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque dicho cuerpo del miembro en tensión está hecho de PVC reforzado.
9. Elemento de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque dicho cuerpo del miembro en tensión es un tubo que comprende una red de acero.
- 45 10. Elemento de refuerzo según la reivindicación 5, **caracterizado** porque dicho cuerpo del miembro en tensión tiene una pluralidad de agujeros radiales (6) en su superficie lateral, en una posición opuesta al corte longitudinal, agujeros aptos para permitir el paso de lechada.
- 50 11. Elemento de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque dicha funda está hecha de material sustancialmente inelástico y sus dimensiones radiales exceden las del cuerpo del miembro en tensión, para permitir la formación de un espacio intermedio entre la funda y el cuerpo del miembro en tensión.
- 55 12. Elemento de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** porque dicha funda está hecha de material elástico, y es capaz de expandirse más allá de las dimensiones radiales de dicho cuerpo del miembro en tensión.
13. Elemento de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque dicha funda comprende una tela no tejida.
- 60 14. Elemento de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque dicha funda está hecha de tela de capas múltiples, de las mismas al menos una capa con elevada resistencia mecánica y una capa impermeable.
- 65 15. Elemento de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque dicho conducto es un tubo, hecho opcionalmente de material plástico, insertado en una posición central dentro del cuerpo del miembro en tensión.

ES 2 338 692 T3

16. Elemento de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque dicho conducto es un tubo que tiene una pluralidad de salidas, cada una equipada con válvulas de retención adecuadas para mantener la presión de la lechada inyectada en el espacio entre dicha funda y dicho miembro en tensión durante el periodo de tiempo necesario para que la lechada pase de estado líquido a estado sólido.

5

17. Elemento de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque dicho cuerpo del miembro en tensión comprende una pluralidad de varillas individuales, preferentemente, aunque no necesariamente hechas de fibra de vidrio y/o fibra de carbono pultrusionada, conectadas unas a otras por medios de conexión adecuados y dispuestas estratégicamente alrededor de dicho conducto.

10

18. Elemento de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la superficie exterior de la funda y/o el miembro en tensión muestran rugosidad superficial.

15

19. Elemento de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque dicha funda extensible está cubierta con una película de material, preferentemente plástico, para protegerla durante la fase de transporte e instalación.

20

20. Elemento de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque dicha funda extensible está cubierta con un revestimiento de material plástico o metálico, apto para mejorar la adherencia entre la funda expandida y el suelo.

21. Procedimiento para la consolidación de suelos, **caracterizado** por comprender las siguientes etapas:

25

apertura, en el suelo (8, 106), de un agujero (7, 105) de diámetro adecuado;

inserción de un elemento de refuerzo (1) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes dentro del agujero;

30

inyección de lechada de cemento a través del conducto de dicho elemento, hasta que se alcanza una presión deseada, con extensión de dicha funda;

solidificación de la lechada inyectada.

35

40

45

50

55

60

65

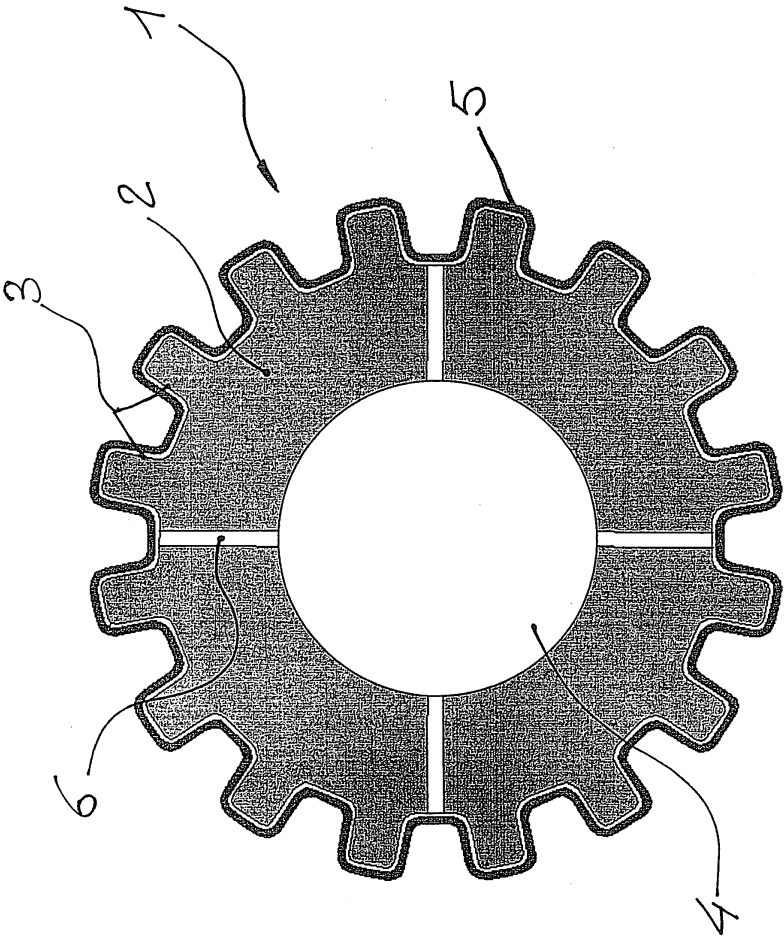


Fig 1

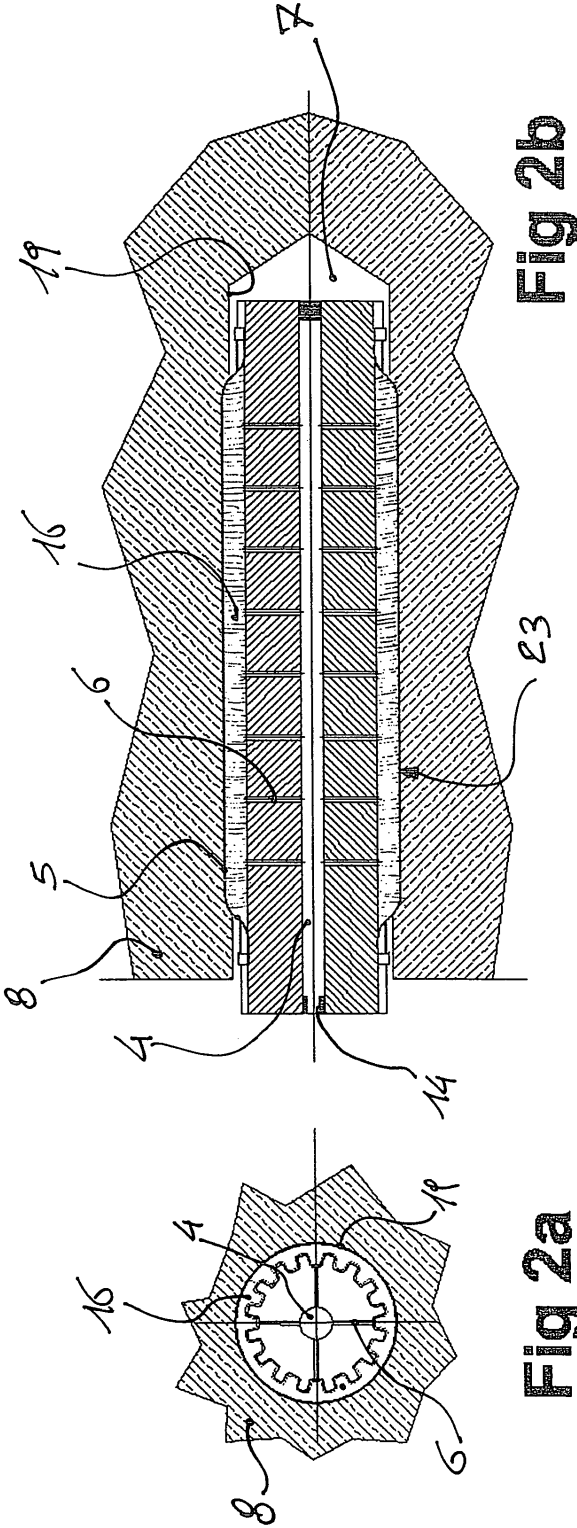


Fig 2b

Fig 2a

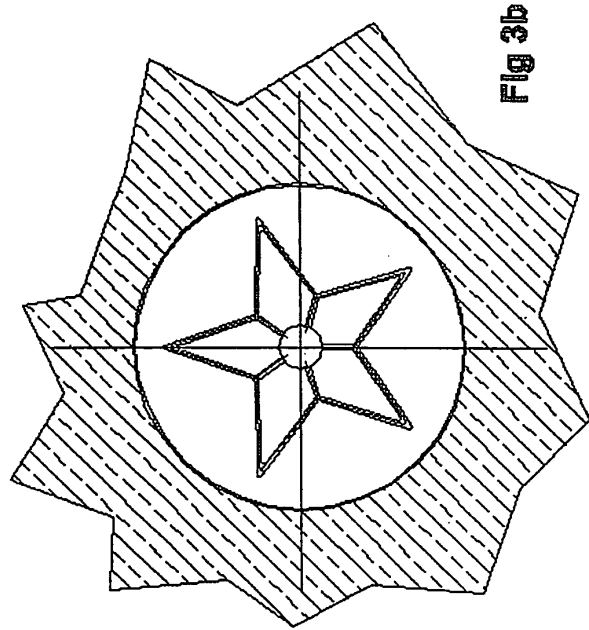


Fig 3b

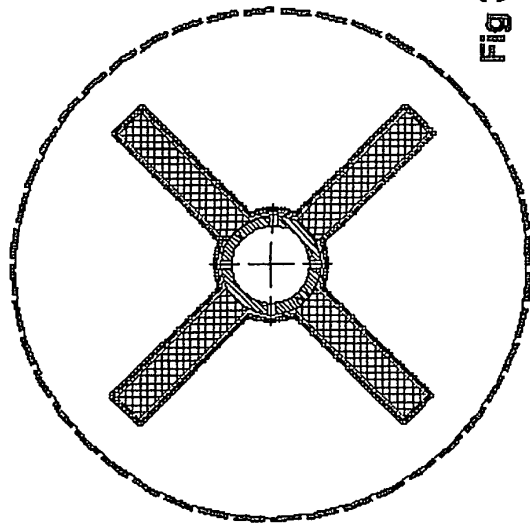


Fig 3a

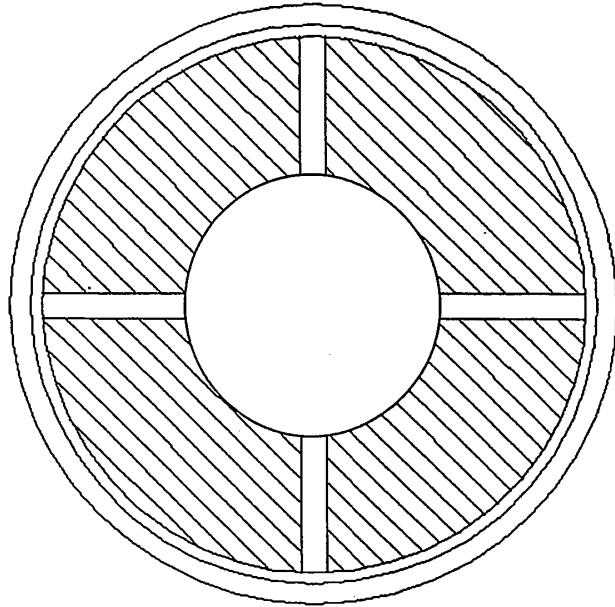


Fig 4b

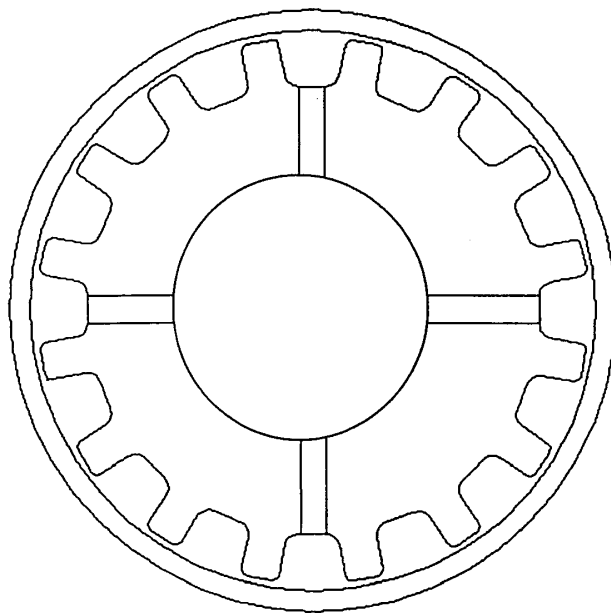


Fig 4a

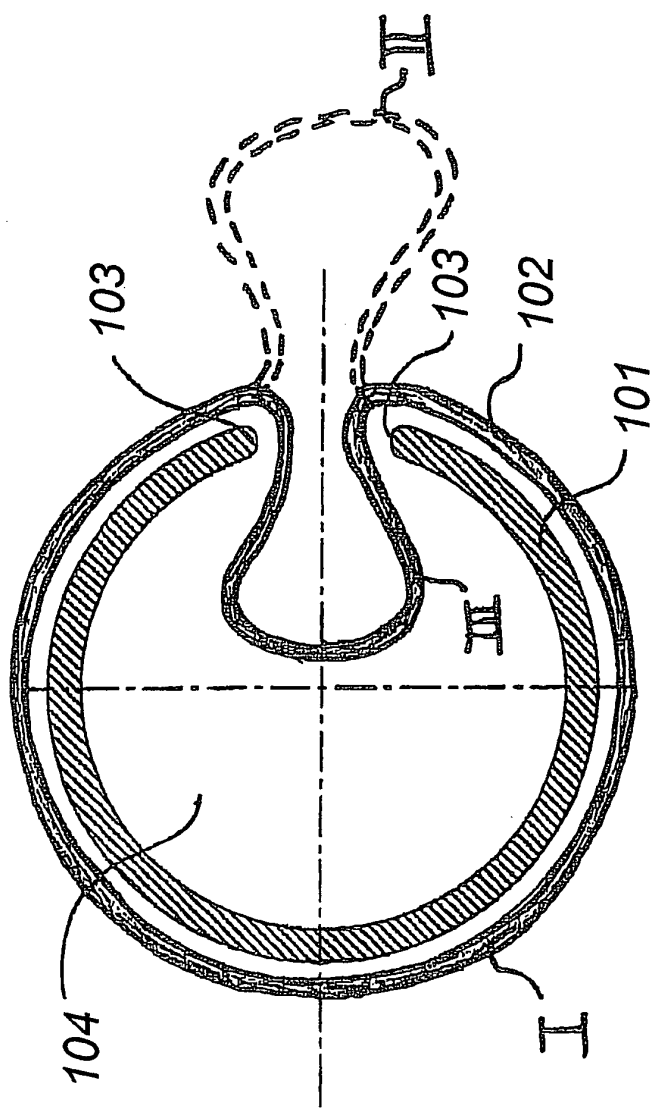


Fig. 5

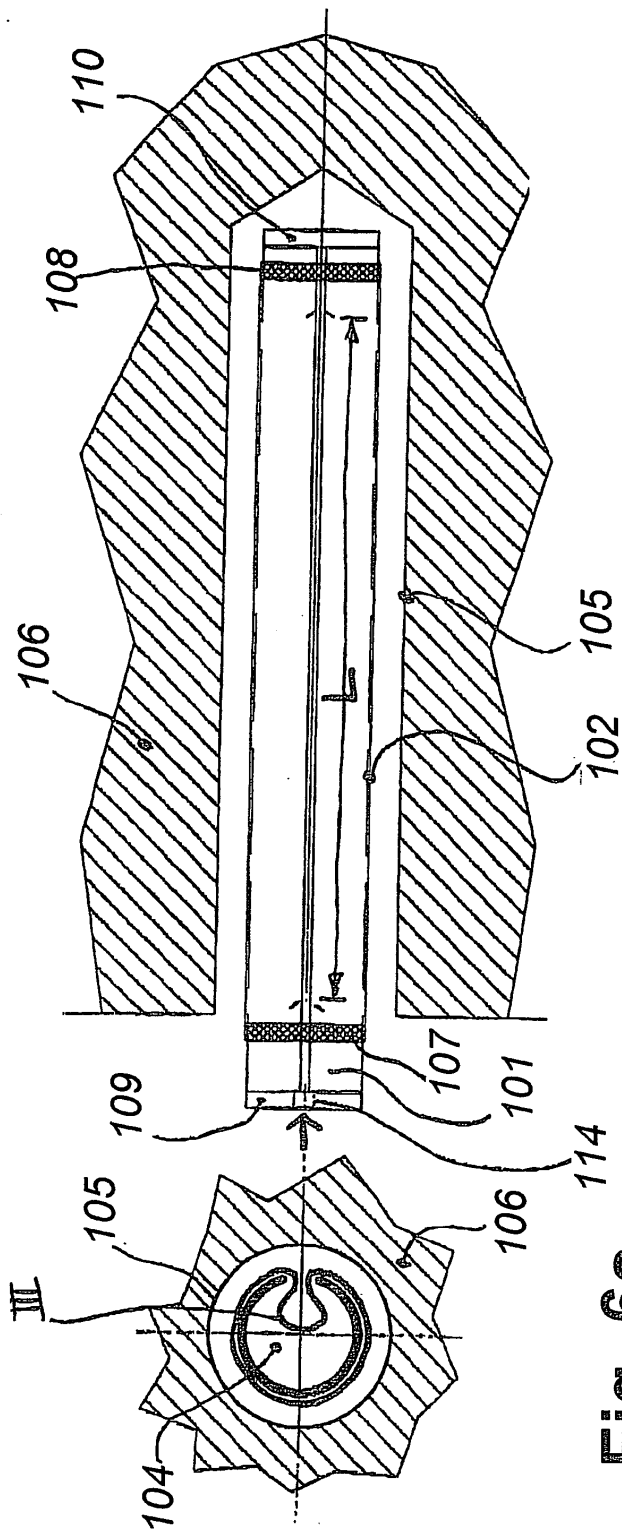


Fig. 6a

Fig. 6b

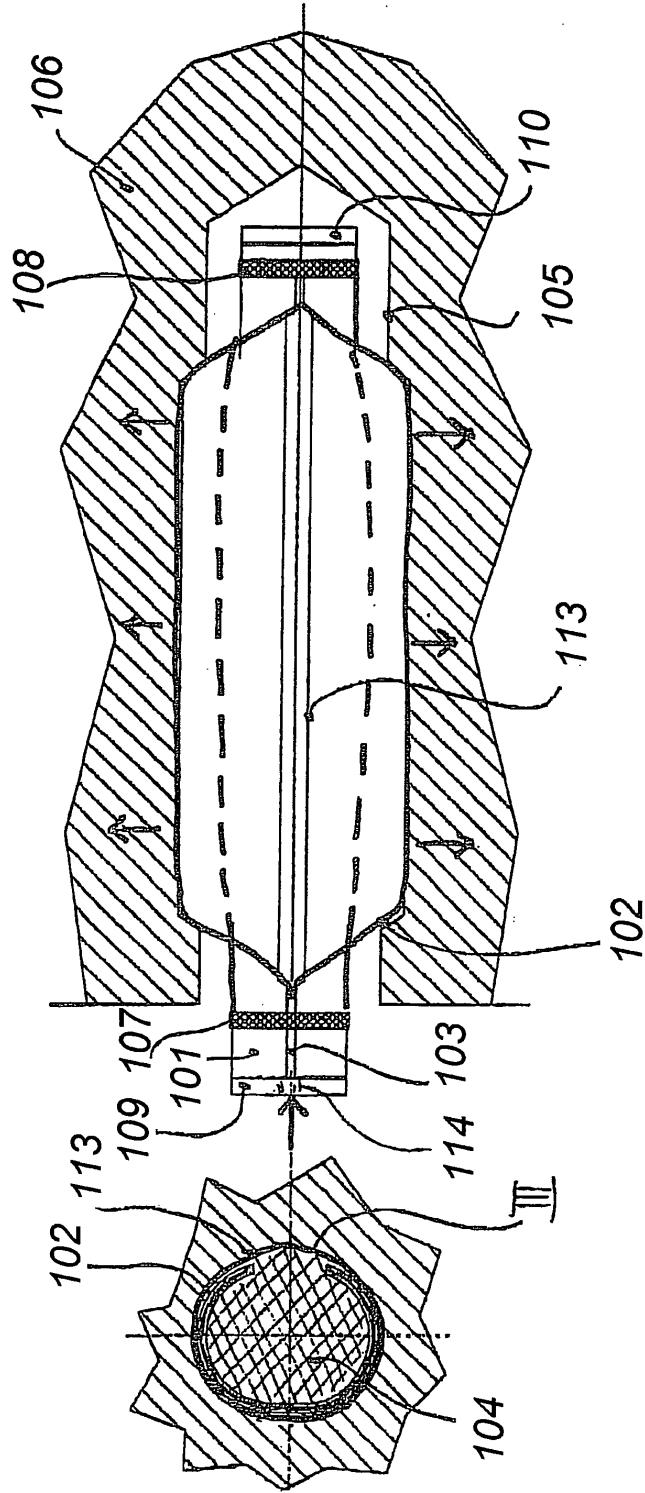


Fig. 7a

Fig. 7b