

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 602**

51 Int. Cl.:

G21F 9/24 (2006.01)

G21F 9/34 (2006.01)

G21F 9/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.08.2012 E 12466016 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.11.2016 EP 2555203**

54 Título: **Sistema de pozos de almacenamiento para el almacenamiento de combustible nuclear gastado y un método para el almacenamiento del mismo**

30 Prioridad:

04.08.2011 CZ 20110475

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

21.04.2017

73 Titular/es:

**SPRÁVA ÚLOZIST RADIOAKTIVNICH ODPADÚ
(100.0%)**

**Dlázdená 6
110 00 Praha 1, CZ**

72 Inventor/es:

**SLOVAK, JIRI y
DOHNALKOVA, MARKETA**

74 Agente/Representante:

CAÑADAS ARCAS, Dolores

ES 2 609 602 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

Campo de investigación

La invención está dirigida al sistema de pozos para el almacenamiento de combustible nuclear gastado, o de residuos altamente radioactivos, y un método para su almacenamiento.

5 Antecedentes de la invención

Según las técnicas más avanzadas en materia de tratamiento de combustible nuclear gastado o residuos altamente radioactivos (en lo sucesivo, “combustible nuclear gastado”), los materiales previstos para vertido se almacenan en los así llamados repositorios profundos. Antes de guardarlos en dichos repositorios, el combustible nuclear gastado se coloca en contenedores de almacenamiento especiales. En la actualidad se emplean dos principios básicos de repositorios profundos: pozos de almacenamiento verticales u horizontales, y eventualmente una combinación de ambos.

El método de almacenamiento en pozos de almacenamiento verticales parte del supuesto del almacenamiento del combustible nuclear gastado en contenedores de almacenamiento ubicados en los pozos, y que el espacio entre los contenedores y la roca se rellena con una barrera intermedia de bentonita.

Los pozos verticales se describen en la solicitud de patente internacional WO 2008032018, según la cual el combustible nuclear gastado se almacena en barriles sólidos dentro de un pozo vertical de 3-5 km de profundidad.

La patente china CN 101971268 describe el almacenamiento del combustible nuclear gastado en un pozo vertical mediante cables que llegan hasta el fondo del mismo. Los contenedores de almacenamiento se guardan en el espacio rodeado de estos cables.

La patente rusa RU 2212720 describe el almacenamiento del combustible nuclear gastado en pozos verticales de 100 m de profundidad, dentro de repositorios especiales equipados con un revestimiento de acero y un relleno de hormigón, que incluye envueltas de acero concéntricas. Entre las desventajas de estas soluciones merecen mencionarse la imposibilidad, o dificultad, de retirar el combustible nuclear gastado y los grandes volúmenes de roca excavada.

El método de almacenamiento de combustible nuclear gastado en un pozo de almacenamiento horizontal se describe en la patente canadiense CA 1106626, según la cual el combustible se guarda en el surco longitudinal practicado en el fondo de un túnel horizontal.

5 Otro método conocido se describe en la solicitud de patente estadounidense US 2010/0234663, según la cual, en la base de un pozo vertical, se perforan varios pozos horizontales longitudinales, en los cuales se almacena el combustible radioactivo dentro de contenedores especiales. La retirada de los contenedores se realiza mediante pozos longitudinales secundarios, empleando un mecanismo especial que incluye un conector del contenedor, el
10 mecanismo de extracción conectable al contenedor, y una tubería de perforación.

La patente japonesa JP 2008073572 describe un método de almacenamiento del combustible nuclear gastado en un pozo horizontal, y su retirada mediante un pozo horizontal paralelo situado debajo del nivel del pozo de almacenamiento. Ambos pozos paralelos están conectados
15 entre sí mediante aberturas de extracción perpendiculares.

Algunas de las desventajas de los pozos horizontales son su inadecuación para la retirada del combustible ya almacenado, y los requisitos financieros y mecánicos de una eventual extracción. Otra desventaja es que no resulta adecuado excavar estos pozos en masas de roca
20 heterogénea debido a la estabilidad del pozo desde el momento de la construcción hasta el final del período de almacenamiento.

Las desventajas de ambos métodos son las dificultades de manipulación en el almacenamiento, complicados requisitos de superficie y características de la masa rocosa, e inadecuación de los
25 métodos de extracción del combustible almacenado.

Descripción de la invención

Uno de los objetos de esta invención es el sistema de pozos de almacenamiento, de acuerdo con la reivindicación de patente 1, para el almacenamiento 3DD (vertido tridimensional) del
30 combustible nuclear gastado), y otro el método de almacenamiento, de acuerdo con la reivindicación de patente 7, del combustible nuclear gastado en pozos de almacenamiento, lo cual elimina las citadas desventaja de las técnicas actuales.

El sistema de pozos de almacenamiento para guardar combustible nuclear gastado consta de al menos un corredor horizontal, en el cual va instalado al menos un sistema de almacenamiento, sistema que consta en un pozo guía de caracterización y un pozo de almacenamiento inclinado practicado en su línea central, donde van ubicados los contenedores de almacenamiento.

5

El pozo guía de caracterización y el pozo de almacenamiento inclinado son pozos con un ángulo de inclinación idéntico, de entre 20 y 30 grados. El pozo guía de caracterización excede en longitud al pozo de almacenamiento. El diámetro del pozo guía de caracterización varía entre 0,1 y 0,2 m (preferiblemente 0,12 m), y el del pozo de almacenamiento inclinado es de entre 0,5 y 2 m (preferiblemente 1,3 m). El pozo guía de caracterización puede rellenarse con un material marcador, como por ejemplo, una mezcla de arena con un pigmento de color rojo o verde, para facilitar su localización en caso de que sea necesario retirar el combustible nuclear gastado almacenado. El proceso de construcción del sistema prevé que primero se excave el primer pozo guía de caracterización, que servirá para una verificación detallada de la calidad de la roca. Seguidamente, se perforará el pozo de almacenamiento en la línea central del pozo de caracterización.

15

Para la retirada de los contenedores de almacenamiento es posible construir un acceso de trabajo, como por ejemplo una galería de manipulación que interseccione con las demás secciones de los pozos de caracterización, a lo largo de la cual se excavará el pozo para la retirada de los contenedores con combustible nuclear gastado. El acceso de trabajo podrá construirse también pasado un tiempo prolongado desde el momento en que se almacene el combustible nuclear gastado en los pozos de almacenamiento. El pozo guía de caracterización sirve para la localización del pozo de almacenamiento, y para la consiguiente excavación del pozo para retirar los contenedores de combustible gastado almacenado. Preferiblemente, el sistema incluirá más corredores horizontales, dispuestos en paralelo, con una separación de 40 a 60 m (preferiblemente, 55 m), en las que se construirán los sistemas de almacenamiento en sistemas regulares de 20 a 40 m (preferiblemente, 30 m), que constarán de un pozo guía de caracterización y un pozo de almacenamiento inclinado.

20

25

El método de almacenamiento de combustible nuclear gastado consiste en el almacenamiento de al menos un contenedor en el pozo de almacenamiento inclinado (preferiblemente, varios contenedores) mediante un mecanismo de manipulación. Dicho mecanismo, mediante el cual se realiza el transporte de los componentes individuales del sistema hasta el fondo del pozo,

30

puede ser un vagón de manipulación de materiales que se desplace mediante la gravedad o por una cuerda.

5 El contenedor de almacenamiento puede ir colocado dentro de un supercontenedor, que incluirá una envuelta externa con barreras de ingeniería, como por ejemplo una barrera. La cohesión del supercontenedor está asegurada mediante una cesta externa con una tapa, que es una vasija cilíndrica de lámina perforada, cuyas aberturas de perforación constituyen el 60% de la superficie de la envuelta del supercontenedor. En la cesta externa del supercontenedor, ubicados verticalmente sobre la superficie de los componentes individuales de la barrera hay
10 bloques (moldes) de bentonita, y en el centro va ubicado el contenedor de almacenamiento.

Según otra variante, el contenedor de almacenamiento puede colocarse en un pozo de almacenamiento sobre un segmento de la barrera de soporte. En este caso, primero se ubica el segmento de la barrera de soporte mediante un dispositivo hidráulico en el fondo del pozo, y
15 posteriormente se coloca sobre el mismo el contenedor con el combustible nuclear gastado. El segmento de la barrera de soporte estará preferiblemente formado por un bloque de bentonita. Su sección tendrá forma de un espacio anular limitado por la sección de un círculo con un ángulo de entre 110 y 130 grados (preferiblemente 120 grados). El proceso concluye mediante el desplazamiento, y consiguiente instalación, del almacenamiento hidráulico de dos segmentos
20 de barrera de relleno en el lugar de almacenamiento, y/o pulverizando el espacio libre en torno al contenedor de almacenamiento con una barrera proyectada que posteriormente se compactará gradualmente mediante un mecanismo de compactación especial. Los segmentos de la barrera de relleno se formarán preferiblemente con bloques de bentonita y tendrán la forma de un espacio anular limitado con una sección circular en un ángulo de 110 a 120 grados.
25 La suma de los ángulos de las secciones de un círculo del segmento sostenedor de barrera y de los segmentos de relleno será de ≤ 360 grados. El material de la barrera será arcilla compactada y bentonita, capaz de absorber el calor procedente de los residuos radiactivos y trasladarlo a las rocas circundantes, inhibiendo la atenuación de los radionúclidos y, al mismo tiempo, protegiendo al contenedor de almacenamiento contra las influencias de las presiones
30 mecánicas. El espacio libre restante entre los segmentos, el contenedor de almacenamiento y el muro del pozo de almacenamiento se rellenará con barrera proyectada de arcilla compactada y bentonita.

Detrás del contenedor de almacenamiento habrá un bloque separador, constituido por una barrera situada detrás de otro contenedor de almacenamiento guardado del mismo modo. Preferiblemente, el bloque separador será un bloque de bentonita circular.

5 Para la retirada de los contenedores de almacenamiento es posible construir, independientemente de los corredores laterales y de los sistemas de almacenamiento, un acceso de trabajo (galería de manipulación). El acceso de trabajo podrá construirse también pasado un tiempo prolongado desde el momento en que se almacene el combustible nuclear
10 gastado en los pozos de almacenamiento. Una vez que en la galería de manipulación se instale el material de marcación del pozo guía de caracterización, se construirá en la misma un pozo de acceso para la extracción del contenedor de almacenamiento más bajo. La retirada consistirá entonces en la despresurización en torno al contenedor de almacenamiento; por ejemplo, mediante la excavación o extracción, y consiguiente recogida del contenedor de almacenamiento con un dispositivo adecuado, y su retirada a la galería de manipulación para
15 colocarlo en un medio de transporte que lo retire de la mina.

Las ventajas de este método son las menores dificultades en el área subterránea del repositorio profundo, la manipulación más fácil aprovechando las fuerzas de gravedad en la estructura del pozo y el almacenamiento del combustible nuclear gastado, aunque también la posibilidad de
20 su retirada. La inclinación seleccionada será suficiente para el movimiento del mecanismo de almacenamiento mediante el accionamiento del componente horizontal de la fuerza de gravedad. Al mismo tiempo, reduce la carga sobre la cuerda de manipulación por la transmisión del componente vertical sobre la roca subyacente.

25 La ventaja del sistema de pozos de almacenamiento según la invención es que la inclinación del pozo de almacenamiento garantiza una posición estable de los contenedores incluso en el caso de que tengan que retirarse mediante despresurización de la barrera. Otra ventaja es la posibilidad de construir un acceso de trabajo en la masa rocosa heterogénea, y la posibilidad de retirada del combustible mucho tiempo después de cerrar el repositorio profundo.

30 **Breve descripción de los diagramas**

A continuación se describen las versiones preferidas de la invención, tomando como referencia los diagramas adjuntos, en los cuales:

La Fig. 1 muestra el corte transversal de un corredor horizontal con un mecanismo de manipulación, y un corte longitudinal del pozo guía de caracterización y el pozo de almacenamiento inclinado, en los cuales se colocan los contenedores de almacenamiento y se ubica el bloque de separación, incluyendo el acceso de trabajo.

5

La Fig. 2 muestra el corte transversal del pozo de almacenamiento inclinado, en el cual el contenedor de almacenamiento se coloca sobre el segmento de la barrera de soporte, y el espacio entre el contenedor de almacenamiento y el muro del pozo se rellena con dos segmentos de relleno.

10

La Fig. 3 muestra el corte transversal de un pozo de almacenamiento inclinado, en el cual el contenedor de almacenamiento se coloca sobre el segmento de la barrera de soporte, y el espacio entre el contenedor de almacenamiento y el muro del pozo se rellena con barrera proyectada.

15

La Fig. 4 muestra el plano de la disposición espacial del sistema, con corredores horizontales en paralelo y los sistemas de almacenamiento.

Ejemplos

20 Ejemplo 1

El sistema de pozos de almacenamiento para el almacenamiento de combustible nuclear gastado de la Fig. 1 consta de un corredor horizontal 3, desde el cual empieza un sistema de almacenamiento consistente en un pozo guía de caracterización inclinado 1, y un pozo de almacenamiento inclinado 2, con un ángulo de inclinación idéntico de 30 grados. El pozo guía de caracterización 1 tiene un diámetro de 0,12 m, su longitud excede del pozo de almacenamiento 2, y va relleno con un material de marcación, en este caso una mezcla de arena con pigmento rojo.

El pozo de almacenamiento 2 tiene un diámetro de 1,3 m, y en su interior van colocados los contenedores de almacenamiento 6. Entre ellos se coloca un bloque de separación 7. El sistema de almacenamiento incluye un acceso de trabajo, que es la galería de manipulación 10. En esta versión, el contenedor de almacenamiento 6 va ubicado dentro de un supercontenedor.

30

Ejemplo 2

El sistema de pozos de almacenamiento para el almacenamiento de combustible nuclear gastado es como el del Ejemplo 1, con la diferencia de que el contenedor de almacenamiento 6 va situado sobre el segmento de la barrera de soporte 5. El espacio entre el contenedor de almacenamiento 6 y el muro del pozo de almacenamiento 2 va relleno con dos segmentos de barrera de relleno 8a y 8b, como puede verse en la Fig. 2

Ejemplo 3

En esta variante, el contenedor de almacenamiento se sitúa sobre el segmento de la barrera de soporte 5, y el espacio entre el contenedor de almacenamiento 6 y el muro del pozo de almacenamiento se rellena con barrera proyectada 9, como puede verse en la Fig. 3. La barrera proyectada (9) se compactará gradualmente mediante un mecanismo de compactación especial.

Ejemplo 4

En el esquema espacial del sistema, de acuerdo con la invención, como puede verse en la Fig. 4, los corredores horizontales 3 van dispuestos en paralelo, con una separación de 55 m entre sí, en secciones regulares cada 30 m. En este caso, los sistemas de almacenamiento constan de un pozo guía de caracterización 1 y un pozo de almacenamiento inclinado 2, construido sobre su línea central.

Utilidad industrial

El método de almacenamiento de combustible nuclear gastado en el sistema de pozos de almacenamiento de la invención permite el almacenamiento a largo plazo de este material o de residuos altamente radioactivos. Permite su fácil manipulación, no requiere de una estructura compleja de roca subyacente, y posibilita la fácil retirada del combustible.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de pozos de almacenamiento para el almacenamiento de combustible nuclear gastado, consistente en al menos un corredor horizontal (3) desde el cual parte al menos un sistema de almacenamiento **caracterizado** por consistir en un pozo guía de caracterización inclinado (1) y un pozo de almacenamiento inclinado de mayor diámetro (2), excavado en la línea central del citado pozo guía de caracterización (1), con un ángulo de inclinación idéntico por debajo del nivel horizontal, en el cual la longitud del pozo guía de caracterización (1) excede de la del pozo de almacenamiento (2), y en el cual en dicho pozo se coloca al menos un depósito de almacenamiento (6) para recibir el combustible nuclear gastado.
2. El sistema de la Reivindicación 1 **caracterizado** por ángulos de inclinación de entre 20 y 30 grados.
3. El sistema de las Reivindicaciones 1 hasta 2 **caracterizado** porque el pozo guía de caracterización (1) tiene un diámetro de entre 0,1 y 0,2 m (preferiblemente 0,12 m), y que el pozo de almacenamiento (2) tiene un diámetro de entre 0,5 y 2 m (preferiblemente, 1,3 m).
4. El sistema de las Reivindicaciones 1 hasta 3 **caracterizado** porque el pozo guía de caracterización (1) se rellena con material de marcación, preferiblemente una mezcla de arena con un pigmento de color rojo o verde.
5. El sistema de la Reivindicación 1 **caracterizado** porque los sistemas de almacenamiento, a partir del corredor horizontal (3) están separados entre sí a distancias regulares de 20 a 40 m (preferiblemente, 30 m), y que los corredores horizontales están dispuestos en paralelo con separaciones de 40 a 60 m (preferiblemente 55 m).
6. El sistema de las Reivindicaciones de 1 a 5 **caracterizado** porque incluye un acceso de trabajo que intersecciona con las demás secciones de los pozos de caracterización (1), que es la galería de manipulación (10).

7. El método de almacenamiento de combustible nuclear gastado en los pozos de almacenamiento de la Reivindicación 1 **caracterizado** porque, dentro del pozo de almacenamiento inclinado (2) se ubicará al menos un contenedor de almacenamiento (6) mediante un mecanismo de manipulación.
- 5
8. El método de la Reivindicación 7 **caracterizado** porque el mecanismo de manipulación (4) es un vagón de manipulación de materiales que se desplaza por gravedad sobre una cuerda.
- 10
9. El método de la Reivindicación 7 **caracterizado** porque entre cada contenedor de almacenamiento adyacente se colocará al menos un bloque de separación (7).
10. El método de las Reivindicaciones 7 a 9 **caracterizado** porque el contenedor de almacenamiento (6) va dentro de un supercontenedor.
- 15
11. El método de la Reivindicación 7 **caracterizado** porque el contenedor de almacenamiento (6) va ubicado sobre un segmento de la barrera de soporte (5), previamente colocado en el fondo del pozo de almacenamiento (2), en tanto que el espacio entre el contenedor de almacenamiento (6) y el muro del pozo de almacenamiento (2) se rellenará posteriormente con dos segmentos de barrera de relleno (8a, 8b) y/o con barrera proyectada (9).
- 20
12. El método de la Reivindicación 11 **caracterizado** porque el segmento de barrera de soporte (5), los segmentos de barrera de relleno (8a, 8b) y la barrera proyectada (9) son de arcilla compactada y bentonita.
- 25
13. El método de la Reivindicación 11 **caracterizado** porque el segmento de la barrera de soporte (5) tiene en su corte transversal la forma de parte de un espacio anular, limitado por la sección de un círculo con un ángulo de 110 a 130 grados (preferiblemente, 120 grados).
- 30
14. El método de la Reivindicaciones 11 y 12 **caracterizado** porque los segmentos de la barrera de relleno (8a, 8b) tienen en la sección una forma de parte de un espacio anular,

limitado por la sección de un círculo con un ángulo de 110 a 120 grados, en el que la suma de los ángulos de las secciones del círculo del segmento de la barrera de relleno (5) y los segmentos de la barrera de relleno (8a, 8b) es de \leq Sprava_

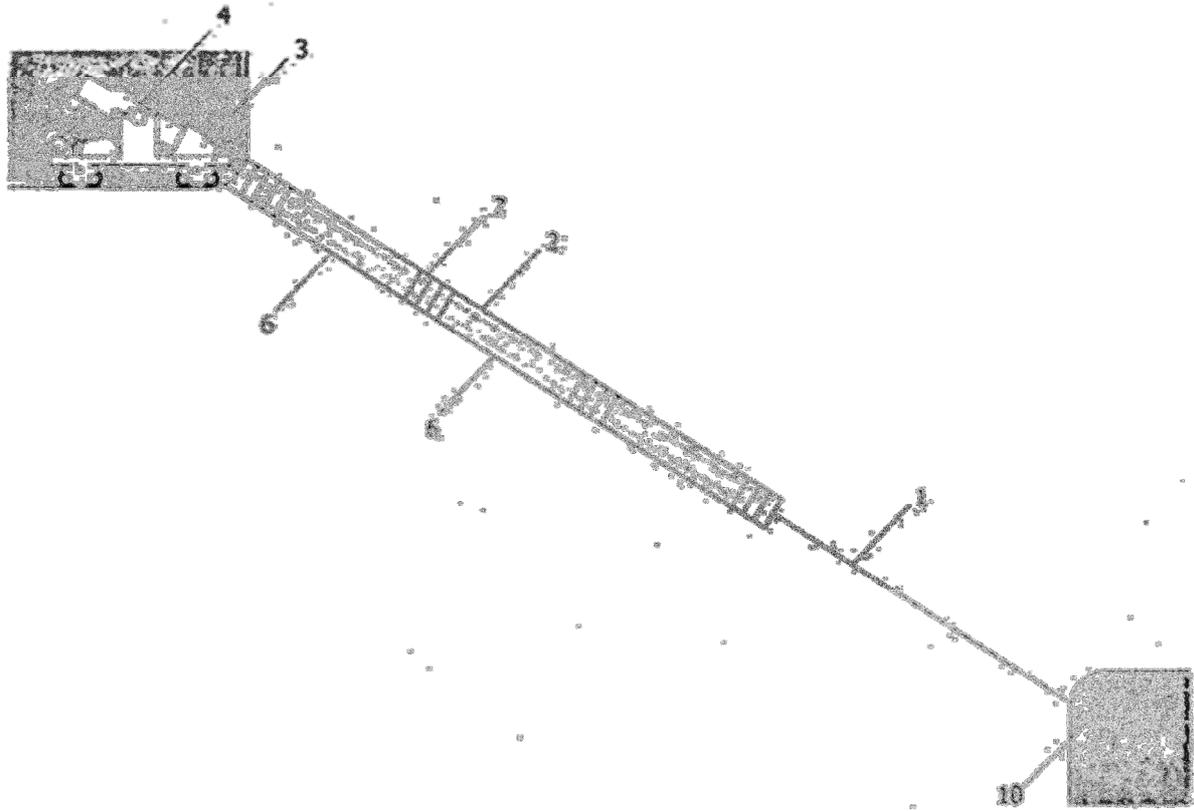


FIG. 1

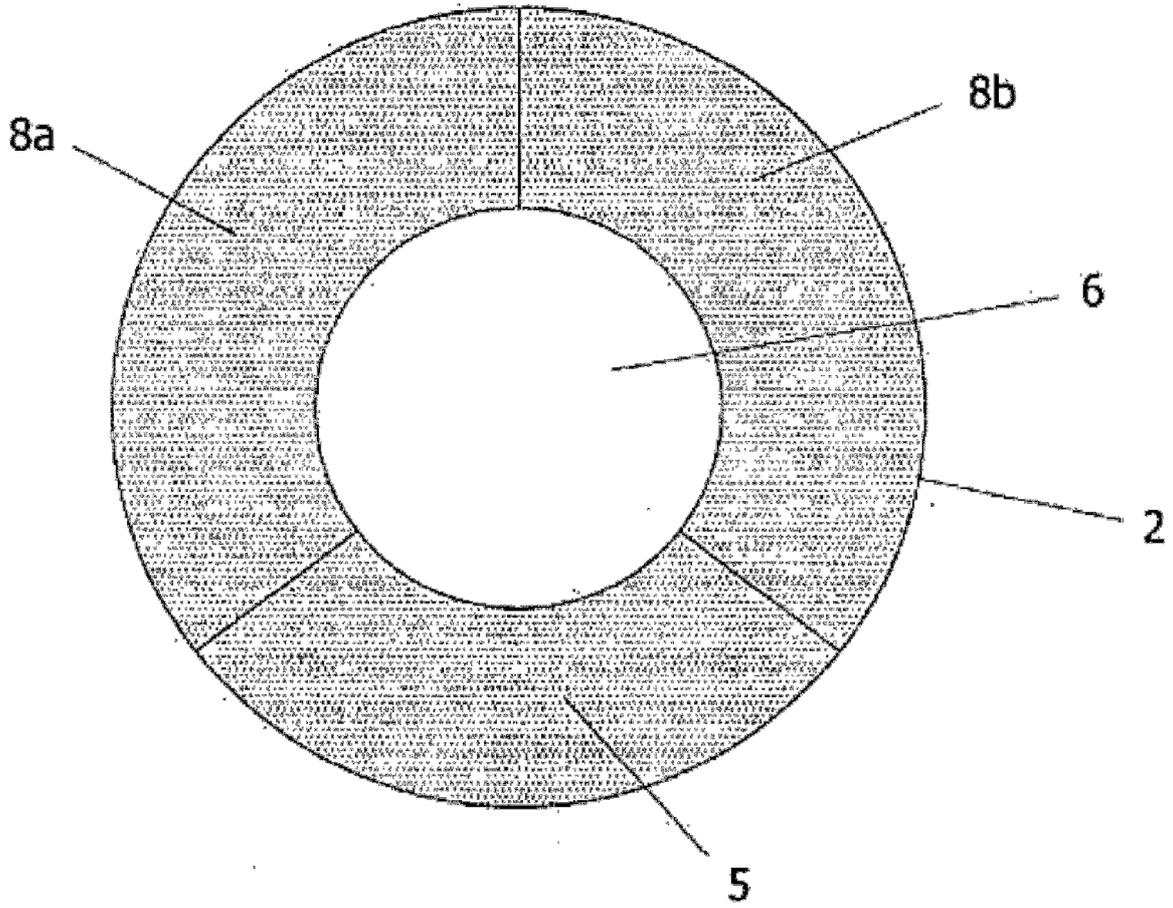


FIG. 2

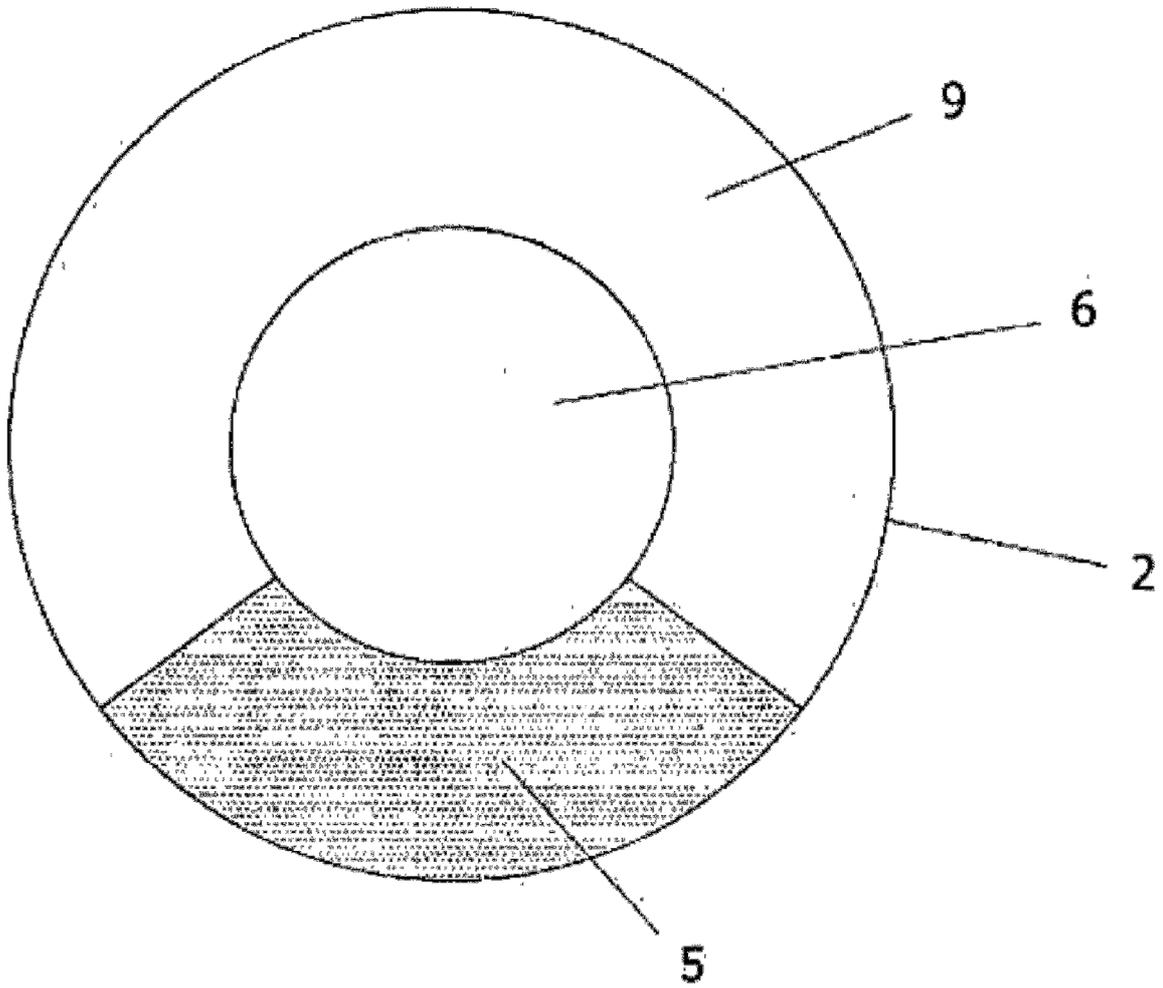


FIG. 3

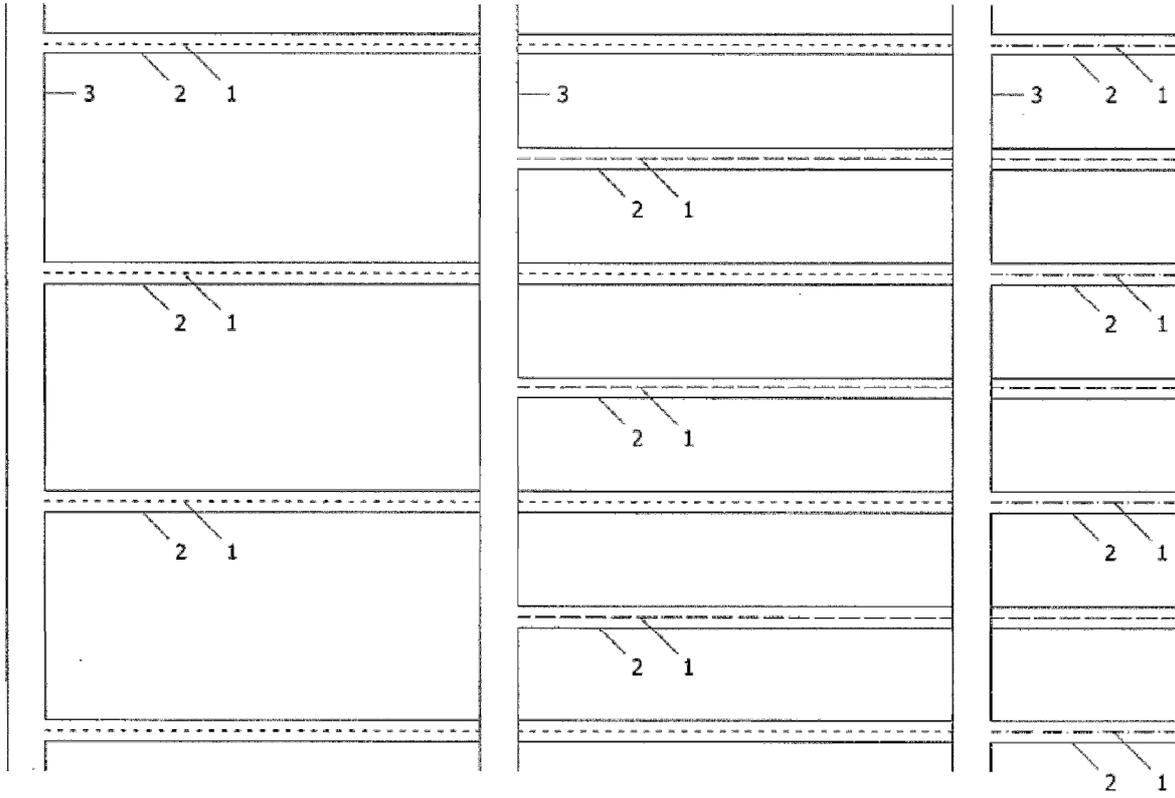


FIG. 4