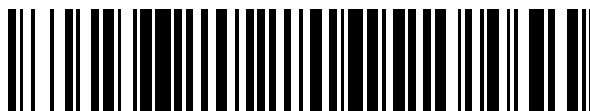


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 600 170**

51 Int. Cl.:

B23K 10/00 (2006.01)

E21B 7/15 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.03.2013** **PCT/EP2013/000800**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.09.2013** **WO13135391**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2013** **E 13714200 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2016** **EP 2825715**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para introducir o excavar cavidades en una masa rocosa**

30 Prioridad:

15.03.2012 DE 102012005044

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.02.2017

73 Titular/es:

GROTENDORST, JOSEF (100.0%)

**Hauptstrasse 7
46284 Dorsten, DE**

72 Inventor/es:

GROTENDORST, JOSEF

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 600 170 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para introducir o excavar cavidades en una masa rocosa

La invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para introducir o excavar cavidades en una masa rocosa, en el que la roca que está presente en el frente de la cavidad se funde térmicamente y con ayuda de un medio de bombeo gaseoso se descarga a partir de la cavidad, proporcionándose el calor necesario para fundir la roca por al menos un generador de plasma eléctrico que está asociado a una cabeza de propulsión, que se encuentra delante en un equipo de abastecimiento que puede empujarse hacia el interior de la cavidad. Por cavidades en una masa rocosa se entienden en este documento todos los tipos de orificios perforados, fosas perforadas, fosas, tramos, túneles, cámaras, etc.

Un procedimiento de este tipo y el dispositivo correspondiente se conocen por el documento US-PS 3.467.206. En el caso de este procedimiento conocido según el estado de la técnica, está previsto delante en la cabeza de propulsión un soporte que puede girar alrededor del eje de la cavidad y que está sostenido mediante rodillos en el frente de la cavidad para una antorcha de plasma, cuyo haz de plasma está dirigido de manera angular contra el frente y la pared de la cavidad y debe fundir durante el giro del soporte de manera sucesiva el frente de la cavidad. La roca fundida debe transportarse de salida a través de un medio de bombeo gaseoso. Para ello, una corriente correspondientemente fuerte del medio de bombeo gaseoso está dirigida contra el frente de la cavidad. El abastecimiento de la cabeza de propulsión con energía eléctrica y el medio de bombeo gaseoso se realiza en este caso a través de un cable flexible que está unido con la cabeza de propulsión. Para acelerar la fusión se insufla en este caso de manera adicional otro fundente pulverizado adecuado en la región de fusión.

Hasta donde se ha podido averiguar, este procedimiento conocido previamente y el dispositivo correspondiente no han podido llevarse a la práctica. Es probable que no haya sido posible generar la densidad energética requerida para la fusión de la roca en la región de fusión, la cual está continuamente en contacto con grandes cantidades del medio de bombeo. Un aumento controlado de la densidad energética se opone, entre otros, a que en la zona de la región de fusión estén dispuestas partes móviles en giro, tales como, por ejemplo, el soporte móvil en giro de la antorcha de plasma, los rodillos de apoyo, sus cojinetes, etc.

La invención tiene por objetivo perfeccionar el procedimiento y el dispositivo del tipo mencionado al principio de modo que en la zona de la región de fusión pueda producirse una densidad energética considerablemente mayor y pueda renunciarse a partes móviles en giro en la zona de la región de fusión.

Para solucionar este objetivo, la invención propone, partiendo del procedimiento del tipo mencionado al principio,

- que la cabeza de propulsión presente delante una pantalla térmica que cubre el frente de la cavidad excepto una hendidura que permanece en la periferia y que forma con el frente de la cavidad un espacio de presión de retención,
- que el espacio de presión de retención que se encuentra entre la pantalla térmica y el frente de la cavidad se someta a una corriente parcial del medio de bombeo gaseoso calentada por el generador de plasma,
- y que esta corriente parcial del medio de bombeo gaseoso funda la roca que está presente en el frente de la cavidad, la evapore completamente o parcialmente, la descargue a través de la hendidura periférica a partir del espacio de presión de retención y la introduzca en la corriente principal del medio de bombeo gaseoso.

En el procedimiento de acuerdo con la invención es posible, por primera vez, producir en el frente de la cavidad una densidad energética (temperatura y presión) muy grande, que es suficiente para fundir sin problemas la roca que está presente por la totalidad de la superficie del frente de la cavidad y evaporar de manera adicional completamente o parcialmente para poder transportarla de salida, a continuación, con ayuda del medio de bombeo gaseoso. A este respecto, es especialmente ventajoso que en la región de fusión por debajo de la pantalla térmica no se necesite ninguna parte móvil.

Una configuración ventajosa del procedimiento de acuerdo con la invención prevé que en el espacio de retención entre la pantalla térmica y el frente de la cavidad se ajusten una presión de retención de más de 2 bar y una temperatura de al menos 2000°C, preferentemente de más de 2900°C. Las altas temperaturas garantizan un progreso de propulsión rápido. La presión se ajusta a un valor tal que es suficiente para descargar la roca fundida y completamente o parcialmente evaporada de manera lo suficientemente rápida a través de la hendidura periférica del espacio de presión de retención y para introducirla en la corriente de bombeo principal.

Además, está previsto que la pantalla térmica se enfríe en su lado apartado del frente de la cavidad. En este sentido se asegura que la pantalla térmica en su lado trasero y, en particular, las partes traseras de la cabeza de propulsión se protejan frente a un sobrecalentamiento y destrucciones provocadas de esta manera.

Este enfriamiento de la pantalla térmica se lleva a cabo de manera conveniente con un medio de enfriamiento líquido que esté a disposición en una cantidad suficiente en un recipiente de presión asociado a la cabeza de propulsión y, en caso de que se requiera, se mantenga frío mediante intercambiadores de calor adecuados por el medio de

bombeo gaseoso suministrado.

El medio de bombeo gaseoso es, preferentemente, nitrógeno. El nitrógeno puede proporcionarse de manera especialmente económica y ha de ser desde el punto de vista químico lo más inerte posible. Evidentemente, pueden usarse también otros gases inertes o mezclas de gases como medio de bombeo, por ejemplo argón u otros gases nobles adecuados.

Para garantizar un transporte de salida seguro de la roca fundida y/o evaporada a partir de la cavidad está previsto, además, que en el espacio anular entre la pared de la cavidad, por un lado, y la cabeza de propulsión o el equipo de avance y de abastecimiento, por otro lado, se insufla medio de bombeo gaseoso en tal medida que en este espacio anular se genere en todas partes una velocidad de flujo de más de 10 m/s, preferentemente de más de 20m/s. Esta velocidad es suficiente para descargar la roca fundida y/o evaporada de manera segura a partir de la cavidad y para impedir que se pegue durante la recombinación o condensación a las paredes de la cavidad, la cabeza de propulsión o el equipo de propulsión y de abastecimiento.

Los generadores de plasma funcionan de manera conveniente con una potencia eléctrica de 30 kW a 1000 kW, que se suministra a través del equipo de abastecimiento y se controla por fuera de la cavidad en función del consumo de calor.

Para la estabilización de las paredes de la cavidad está previsto que el medio de bombeo calentado que sale en la periferia del espacio de retención funda parcialmente (vitifique) la roca circundante. Las paredes estabilizadas de esta manera necesitan, por tanto, dado el caso, que ya no se sostengan por una estructura o una tubería.

El objeto de la invención es, además, un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento explicado anteriormente, con una cabeza de propulsión fijada a un equipo de avance y de abastecimiento, que está dotada de al menos un generador de plasma eléctrico para fundir y/o evaporar la roca que está presente en el frente de la cavidad y de equipos de guía para un medio de bombeo gaseoso, caracterizándose este dispositivo porque la cabeza de propulsión presenta delante una pantalla térmica que cubre el frente de la cavidad excepto una hendidura que permanece en la periferia y que forma con el frente de la cavidad un espacio de presión de retención, que está sometido a una corriente parcial del medio de bombeo gaseoso, que está calentada con ayuda de los generadores de plasma eléctricos asociados a la pantalla térmica hasta la temperatura de evaporación de la roca y descarga la roca fundida y al menos parcialmente evaporada a través de la hendidura periférica a partir del espacio de retención y la introduce en la corriente principal del medio de bombeo gaseoso.

Una primera forma de realización posible del dispositivo prevé que la pantalla térmica como bloque compacto se componga de un material de alta resistencia al calor, en particular de carburo de tantalio, esté dotada delante de un reborde periférico que cerca el espacio de presión y que contenga en su volumen varios generadores de plasma, cuyo plasma calentado se conduzca a través de canales de plasma dispuestos en el bloque hacia el espacio de presión de retención comprendido por el reborde así como contra el frente de la cavidad. Esta forma de realización de la pantalla térmica tiene la ventaja especial de que el generador de plasma esté dispuesto protegido en el interior de la pantalla térmica y no entre en contacto directamente con la roca fundida y/o evaporada. La corriente parcial del medio de bombeo gaseoso que descarga la roca fundida y evaporada se forma, en este caso, por el gas de plasma suministrado a través de los generadores de plasma.

Una forma de realización alternativa del dispositivo de acuerdo con la invención prevé que la pantalla térmica, como carcasa abierta hacia abajo se componga de un material de alta resistencia al calor, en particular de carburo de tantalio, cuyo lado delantero abierto se apoye en el frente de la cavidad y cuyo lado trasero esté equipado con generadores de plasma, cuyo haz de plasma esté dirigido directamente al frente de la cavidad. Ya que en este caso para el llenado del espacio interior de la carcasa se necesita más medio de bombeo gaseoso, adicionalmente al gas suministrado por las antorchas de plasma se insufla una corriente parcial del medio de bombeo hacia el interior del espacio de presión de retención.

En las dos formas de realización de la pantalla térmica discutidas anteriormente, la pantalla térmica está dotada en su lado trasero de un equipo de enfriamiento atravesado por un medio de enfriamiento, por ejemplo agua.

Igualmente, para evitar sobrecalentamientos, los generadores de plasma eléctricos están enfriados por el medio de enfriamiento guiado en el circuito, por ejemplo agua. El circuito de medio de enfriamiento, por su parte, se enfría en caso de que se requiera a través de intercambiadores de calor por el medio de bombeo recién suministrado.

Una configuración especialmente preferente del dispositivo de acuerdo con la invención prevé que el equipo de abastecimiento presente un varillaje de tubos dobles que se compone de secciones de tubo doble enroscadas unas con otras, con un tubo interno de material eléctricamente conductor y un tubo externo de material eléctricamente conductor, que rodea el tubo interno con distancia y está aislado eléctricamente de este, sirviendo la sección transversal libre del tubo interior para suministrar la corriente parcial del medio de bombeo para la generación de plasma, el espacio anular entre el tubo interno y el tubo externo para suministrar la corriente principal del medio de bombeo y las secciones transversales eléctricamente conductoras del tubo interno y tubo externo como conductor eléctrico para el abastecimiento de energía y como conductor de transferencia de datos. Un varillaje de tubos dobles configurado de esta manera posibilita que el equipo de avance y de abastecimiento abastezca, de manera sencilla,

la cabeza de propulsión con todos los medios requeridos y con información.

Para aumentar la intensidad del plasma que influye en el frente de la cavidad está previsto, finalmente, que estén dispuestos ánodos adicionales, respectivamente, entre dos generadores de plasma, que están dispuestos de manera desplazable en dirección del frente de la cavidad. De esta manera es posible trasladar los arcos voltaicos del plasma del generador de plasma directamente hasta el frente de la cavidad, por lo que puede aumentarse considerablemente el grado de actuación de la instalación.

A continuación se explican en más detalle ejemplos de realización de dispositivos de acuerdo con la invención mediante los dibujos. Muestran:

- 10 la Figura 1: un esquema elemental de una instalación de excavación de acuerdo con la invención;
- la Figura 2: un corte axial a través de la cabeza de propulsión y la pantalla térmica en una primera forma de realización;
- la Figura 3: un corte axial a través de la cabeza de propulsión y la pantalla térmica en una segunda forma de realización.
- 15 la Figura 4: un corte axial a través de la cabeza de propulsión, la pantalla térmica y el equipo de abastecimiento en una tercera forma de realización;
- la Figura 5: un corte axial a través de la cabeza de propulsión, la pantalla térmica y el equipo de abastecimiento en una cuarta forma de realización;
- la Figura 6: esquemáticamente, la disposición de un ánodo que puede desplazarse entre dos generadores de plasma.

- 20 En la Figura 1 se denomina un bastidor de excavación colocado sobre la superficie del suelo con la referencia 1. Este bastidor de excavación 1 está dotado de los equipos habituales para incorporar un equipo de avance y de abastecimiento 3, que sirve para el avance y el abastecimiento de una cabeza de propulsión 4 dispuesta en la cavidad 2 que va a producirse. La cabeza de propulsión 4 está dotada en su lado dirigido hacia el frente de la cavidad 2 de una pantalla térmica 5 que cubre el frente de la cavidad 2 excepto una hendidura 6 que discurre en la
- 25 periferia y forma con el frente de la cavidad 2 un espacio de presión de retención 7.

Dentro o en la pantalla térmica 5 están dispuestos varios generadores de plasma 8 eléctricos en forma de antorchas de plasma cuyo calor provoca la fusión o evaporación de la roca que está presente en el frente de la cavidad 2.

- 30 La roca fundida y/o evaporada en el frente de la cavidad 2 se descarga mediante un medio de bombeo gaseoso indicado por flechas 9 a partir de la cavidad 2. Este medio de bombeo 9 gaseoso es nitrógeno, se entrega por una instalación de compresor 10 y se suministra a través de un varillaje que sirve como equipo de avance y de abastecimiento 3 a la cabeza de propulsión 4. El medio de bombeo 9 cargado con la roca fundida y/o evaporada se descarga a través del espacio anular entre la pared de cavidad y el equipo de avance y de abastecimiento 3 y en un dispositivo colector 11 se separa de la roca.

- 35 El abastecimiento de los generadores de plasma 8 eléctricos con energía eléctrica se realiza mediante un generador de corriente continua 12 con una potencia eléctrica de 30 kW a 1000 kW a través de conductos eléctricos 13 y el equipo de propulsión y de abastecimiento 3 dotado de medios de transferencia eléctricos adecuados.

La pantalla térmica 5 se enfría en su lado trasero con agua, que se proporciona en un recipiente de agua 4a adecuado en la cabeza de propulsión 4 o en un recipiente de almacenamiento 14 en la superficie del suelo y se suministra de manera controlada a la pantalla térmica 4 a través de conductos y válvulas adecuadas.

- 40 Con el mismo medio de enfriamiento se enfrían también los generadores de plasma 8 desde el lado trasero para que también ahí se eliminen apariciones de sobrecalentamientos.

El abastecimiento con medio de bombeo 9, potencia eléctrica y medio de enfriamiento se controla por un ordenador 15, que está unido a través de conductos de datos 16 correspondientes con el generador de corriente continua 12 y válvulas de control para el medio de bombeo 9 y el nitrógeno.

- 45 En el ejemplo de realización de la Figura 2, la pantalla térmica 4 se compone de un bloque compacto de material extremadamente resistente al calor, por ejemplo de carburo de tantalio, y está dotado en su lado inferior de un reborde 17 circundante que cerca el espacio de presión de retención 7. Los generadores de plasma 8 están dispuestos, en este caso, en el cuerpo del bloque compacto a partir de carburo de tantalio y están unidos a través de canales de plasma 8a dirigidos contra el frente de la cavidad 2 con el espacio de presión de retención 7. El gas de plasma (nitrógeno) suministrado a través de los canales de plasma 8a sirve al mismo tiempo como medio de bombeo para descargar la roca fundida y/o evaporada a partir del espacio de presión de retención 7 a través de la
- 50 hendidura 9 que permanece en la periferia del espacio de presión de retención 7 entre el reborde 17 y el frente de la cavidad 2. La corriente parcial 9a penetrante en este caso del medio de bombeo 9 funde parcialmente al mismo tiempo las paredes de la cavidad 2 de tal modo que estas se vitrifican y de esta manera se estabilizan. Por
- 55 consiguiente, las paredes de esta cavidad 2 no necesitan sostenerse, en un caso normal, con una estructura o una tubería.

El enfriamiento del lado trasero del bloque que sirve como pantalla térmica 4 se realiza mediante agua, que se pone a disposición en el recipiente de agua 4a en la cabeza de propulsión 4. Esta agua puede complementarse de vez en cuando a partir del recipiente de almacenamiento 14 dispuesto a partir de la superficie del suelo. De manera similar a la pantalla térmica 4 se enfrían con agua también las antorchas de plasma 8 contenidas en la pantalla térmica 4.

5 En el ejemplo de realización de acuerdo con la Figura 3, la pantalla térmica 5 se compone de una carcasa abierta hacia delante de un material de alta resistencia al calor, en particular de carburo de tantalio, cuyo lado delantero abierto se apoya en el frente de la cavidad 2 y cuyo lado trasero está equipado con generadores de plasma 8, cuyos haces de plasma se dirigen directamente contra el frente de la cavidad 2. El espacio de presión de retención 7 se forma en este caso por el espacio interior de la carcasa.

10 También en este caso, al igual que en el ejemplo de realización de acuerdo con la Figura 3, se funde y al menos parcialmente se evapora la roca que está presente en el frente de la cavidad 2, mediante una corriente parcial 9a del medio de bombeo 9 se descarga a través de la hendidura 6 que se encuentra en la periferia del espacio de presión de retención 7 y se introduce en la corriente principal del medio de bombeo 9. A este respecto, se funden parcialmente también en este caso las paredes de la cavidad 2 y de esta manera se estabilizan.

15 Finalmente también en este caso los generadores de plasma 8 y la pantalla térmica 5 desde el lado trasero de la pantalla térmica 5 están enfriados con agua, que se proporciona en el recipiente de agua 4a.

El dispositivo representado en la Figura 4 se corresponde en la mayor medida posible con el dispositivo de acuerdo con la Figura 2, de modo que podrían usarse las mismas referencias para las partes que se corresponden entre sí.

20 De manera adicional, en la Figura 4 están representados, en particular, detalles del equipo de avance y de abastecimiento. El equipo de avance y de abastecimiento presenta un varillaje de tubos dobles que se compone de una pluralidad de secciones de tubo 20 enroscadas unas con otras. Cada sección de tubo 20 presenta un tubo interno 21 metálico y un tubo externo 22 metálico, que rodea el tubo interno 21 con distancia. El tubo interno 21 y el tubo externo 22 están aislados uno del otro eléctricamente mediante empalmes de aislamiento 23, de modo que
25 pueden usarse como conductor de corriente metálico, el cual abastece la cabeza de propulsión con energía eléctrica. Al mismo tiempo, pueden usarse los dos tubos aislados uno del otro como conductor eléctrico para la transferencia de datos.

La sección transversal libre del tubo interior 21 sirve como canal de suministro para la corriente parcial 24 del medio de bombeo guiada por el generador de plasma 8. Mediante el espacio anular entre el tubo interno 21 y el tubo externo 22 se guía, en cambio, la corriente parcial 25 del gas de bombeo que sirve para bombear de salida la roca fundida y evaporada. Desde esta corriente parcial 25 se desvía dentro de la cabeza de propulsión 4 una corriente parcial, que se guía mediante intercambiadores de calor 26, con la que se mantiene fría el agua fría en el recipiente de agua fría 4a y el circuito de enfriamiento correspondiente. Para ello puede ser conveniente enfriar previamente la corriente parcial 25 antes de la introducción en el espacio anular, por ejemplo de tal modo que se introduzca nitrógeno líquido adicionalmente. Las corrientes parciales 24 y 25 pueden controlarse, dado el caso, por válvulas 27 y 28 que se encuentran en los extremos de las secciones de tubo.
35

El dispositivo representado en la Figura 5 se corresponde en su mayor parte con el dispositivo de acuerdo con la Figura 3, de modo que también en este caso podrían usarse las mismas referencias para partes que se corresponden entre sí.

40 De manera adicional, en la Figura 5 están representados los detalles del equipo de avance y de abastecimiento, que están contruidos en principio igualmente, tal como se ha representado y explicado mediante la Figura 4. Incluso en este sentido puede remitirse a las realizaciones anteriores.

La Figura 6 muestra, finalmente, una disposición especial de dos generadores de plasma 31 por encima de un frente de roca 30 que va a fundirse. A estos dos generadores de plasma 31 está asociado un ánodo desplazable, que, tal como se ha indicado con la flecha doble 33, puede ajustarse de manera precisa a una distancia estrecha con respecto al frente de roca 30. En este sentido, entre los generadores de plasma 31 y este ánodo 32 resultan dos arcos voltaicos que actúan de manera muy intensa, que pueden acelerar considerablemente la fusión y evaporación del frente de roca 30, ya que los arcos voltaicos se encuentran próximos a este frente de roca 30.
45

La disposición especial representada en la Figura 6 del generador de plasma y del ánodo desplazable puede usarse en todas las formas de realización ilustradas anteriormente de la cabeza de propulsión.

50

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para incorporar o excavar cavidades (2) en una masa rocosa, en el que la roca que está presente en el frente de la cavidad (2) se funde térmicamente y con ayuda de un medio de bombeo (9) gaseoso se descarga a partir de la cavidad (2), proporcionándose el calor necesario para fundir la roca por al menos un generador de plasma (8) eléctrico, que está asociado a una cabeza de propulsión (4), que se encuentra delante en un equipo de avance y de abastecimiento (3) que puede empujarse hacia el interior de la cavidad (2), **caracterizado**
 - 5 - **porque** la cabeza de propulsión (4) presenta delante una pantalla térmica (5) que cubre el frente de la cavidad (2) excepto una hendidura (6) que se encuentra en la periferia y forma con el frente de la cavidad (2) un espacio de presión de retención (7),
 - 10 - **porque** el espacio de presión de retención (7) que se encuentra entre la pantalla térmica (5) y el frente de la cavidad (2) se somete a una corriente parcial (9a) calentada por el generador de plasma (8) del medio de bombeo (9) gaseoso,
 - 15 - y **porque** esta corriente parcial (9a) del medio de bombeo (9) gaseoso funde la roca que está presente en el frente de la cavidad (2), la evapora completamente o parcialmente, la descarga a partir del espacio de presión de retención (7) a través de la hendidura (6) periférica y la introduce en la corriente principal del medio de bombeo (9) gaseoso.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en el espacio de presión de retención (7) entre la pantalla térmica (5) y el frente de la cavidad (2) se ajusta una presión de retención de más de 2 bar y una temperatura de al menos 2000°C, preferentemente de más de 2900°C.
3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado porque** la pantalla térmica (5) se enfría en su lado apartado del frente de la cavidad (2).
4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** el enfriamiento de la pantalla térmica (5) se realiza con un líquido de enfriamiento, en particular con agua.
5. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** se usa nitrógeno para la generación del plasma y como medio de bombeo gaseoso.
6. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en el espacio anular entre la pared de la cavidad (2), por un lado, y la cabeza de propulsión (4) o su equipo de avance y de abastecimiento (3), por otro lado, se insufla medio de bombeo (9) gaseoso en tal medida que en este espacio anular se genera en todas partes una velocidad de flujo de más de 10 m/s, preferentemente de más de 20 m/s.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** los generadores de plasma (8) funcionan con una potencia eléctrica de 30 a 1000 kW, que se suministra a través del equipo de avance y de abastecimiento (3) y se controla por fuera de la cavidad (2) en función del consumo de calor.
8. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el medio de bombeo (9) calentado que sale en la periferia del espacio de presión de retención (7) funde parcialmente (vitrifica) la roca que está presente de manera circundante y estabiliza de esta manera la pared de la cavidad (2).
9. Dispositivo para llevar a cabo el procedimiento según la reivindicación 1, con una cabeza de propulsión (4) fijada a un equipo de abastecimiento (3) que presenta al menos un generador de plasma (8) eléctrico para fundir y evaporar la roca que está presente en el frente de la cavidad (2) y equipos de guía para un medio de bombeo (9) gaseoso, **caracterizado porque** la cabeza de propulsión (4) está dotada delante de una pantalla térmica (5) que cubre el frente de la cavidad (2) excepto una hendidura (6) que permanece en la periferia y que forma con el frente de la cavidad (2) un espacio de presión de retención (7) que está sometido a una corriente parcial del medio de bombeo (9) gaseoso, que está calentada con ayuda del generador de plasma eléctrico asociado a la pantalla térmica a la temperatura de evaporación de la roca y descarga la roca fundida y completamente o parcialmente evaporada a través de una hendidura (6) periférica del espacio de retención (7) y la introduce en la corriente principal del medio de bombeo (9) gaseoso.
10. Dispositivo según la reivindicación 9, **caracterizado porque** la pantalla térmica (5) está configurada como bloque compacto a partir de un material de alta temperatura de fusión, en particular de carburo de tantalio, que está dotado delante de un reborde (17) periférico que cerca el espacio de presión de retención (7) y contiene en su volumen varios generadores de plasma (8), cuyo plasma calentado se conduce a través de canales de plasma (8a) dispuestos en el bloque compacto hacia el interior del espacio de presión de retención (7) comprendido por el reborde (17) así como contra el frente de la cavidad (2).
11. Dispositivo según la reivindicación 9, **caracterizado porque** la pantalla térmica (5) está configurada como carcasa abierta hacia delante a partir de un material de alta resistencia al calor, en particular a partir de carburo de tantalio, cuyo lado delantero abierto se apoya en el frente de la cavidad (2) y cuyo lado trasero está equipado con

generadores de plasma (8) eléctricos, cuyos haces de plasma están dirigidos directamente sobre el frente de la cavidad (2).

- 5 12. Dispositivo según la reivindicación 9, **caracterizado porque** el equipo de avance y de abastecimiento (3) presenta un varillaje de tubos dobles que se compone de secciones de tubo doble (20) enroscadas unas con otras, con un tubo interno (21) a partir de un material eléctricamente conductor y un tubo externo (22) a partir de un material eléctricamente conductor, que rodea con distancia el tubo interno (21) y está aislado eléctricamente de este, en el que
- la sección transversal libre del tubo interior (21) sirve para suministrar la corriente parcial del medio de bombeo para la generación de plasma,
- 10 - el espacio anular entre el tubo interno (21) y el tubo externo (22) sirve para suministrar la corriente principal del medio de bombeo,
- y las secciones transversales eléctricamente conductoras del tubo interno (21) y tubo externo (22) sirven como conductor eléctrico para el abastecimiento de energía y como conductor para la transferencia de datos.
- 15 13. Dispositivo según la reivindicación 9, **caracterizado por** ánodos (32) adicionales dispuestos, respectivamente, entre dos generadores de plasma (31) que están dispuestos de manera desplazable en dirección al frente (30) de la cavidad (2).

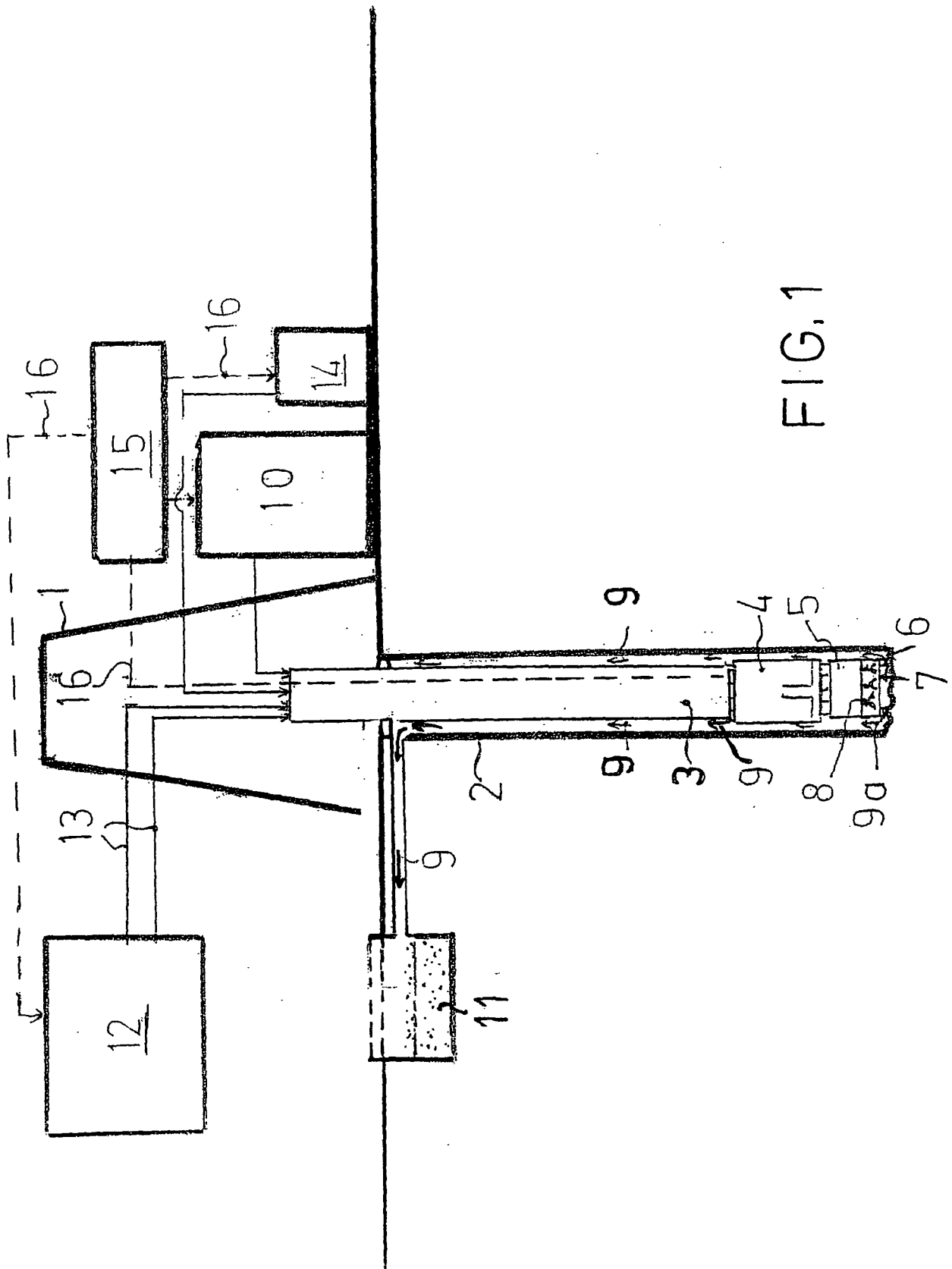


FIG. 1

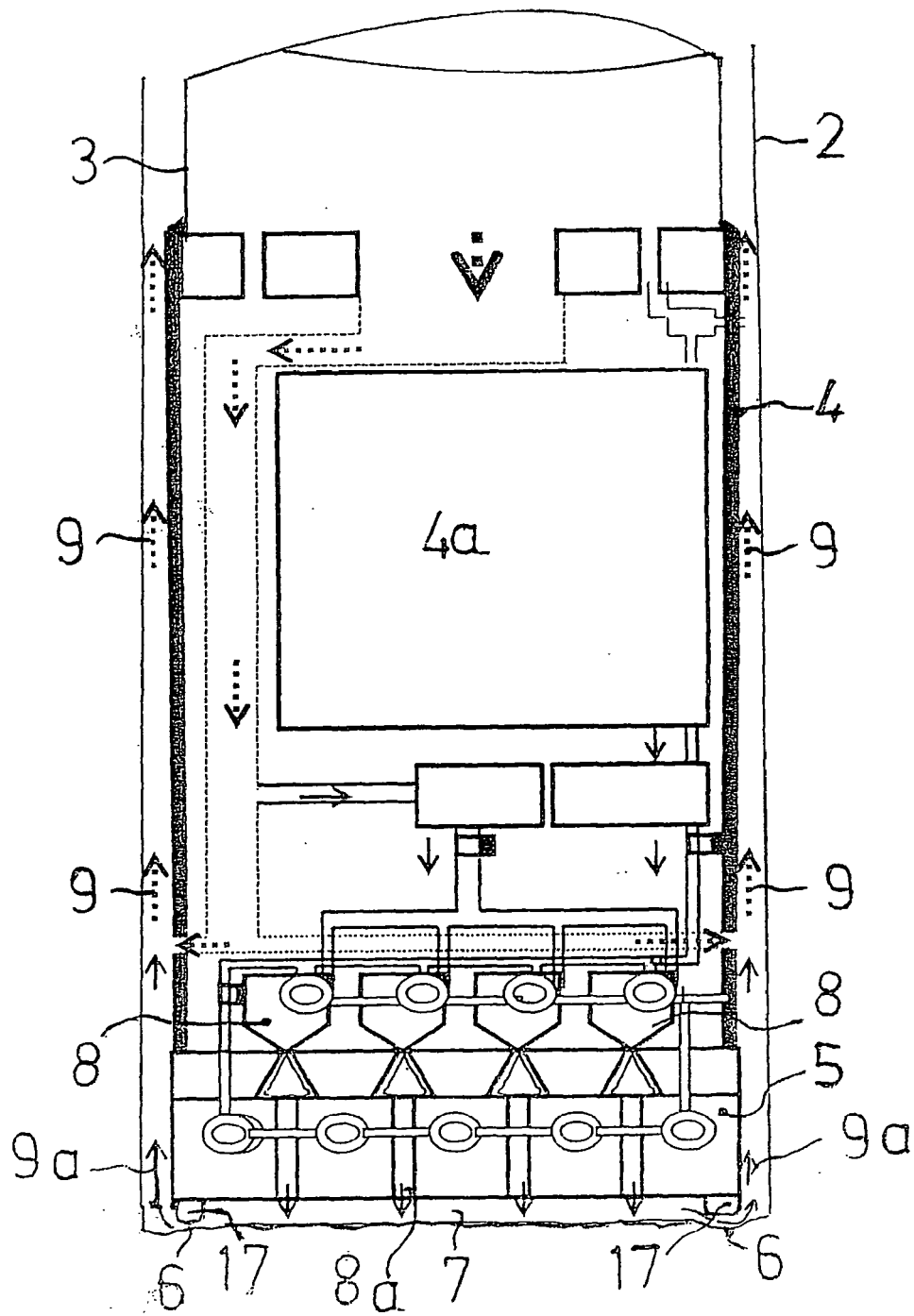


FIG.2

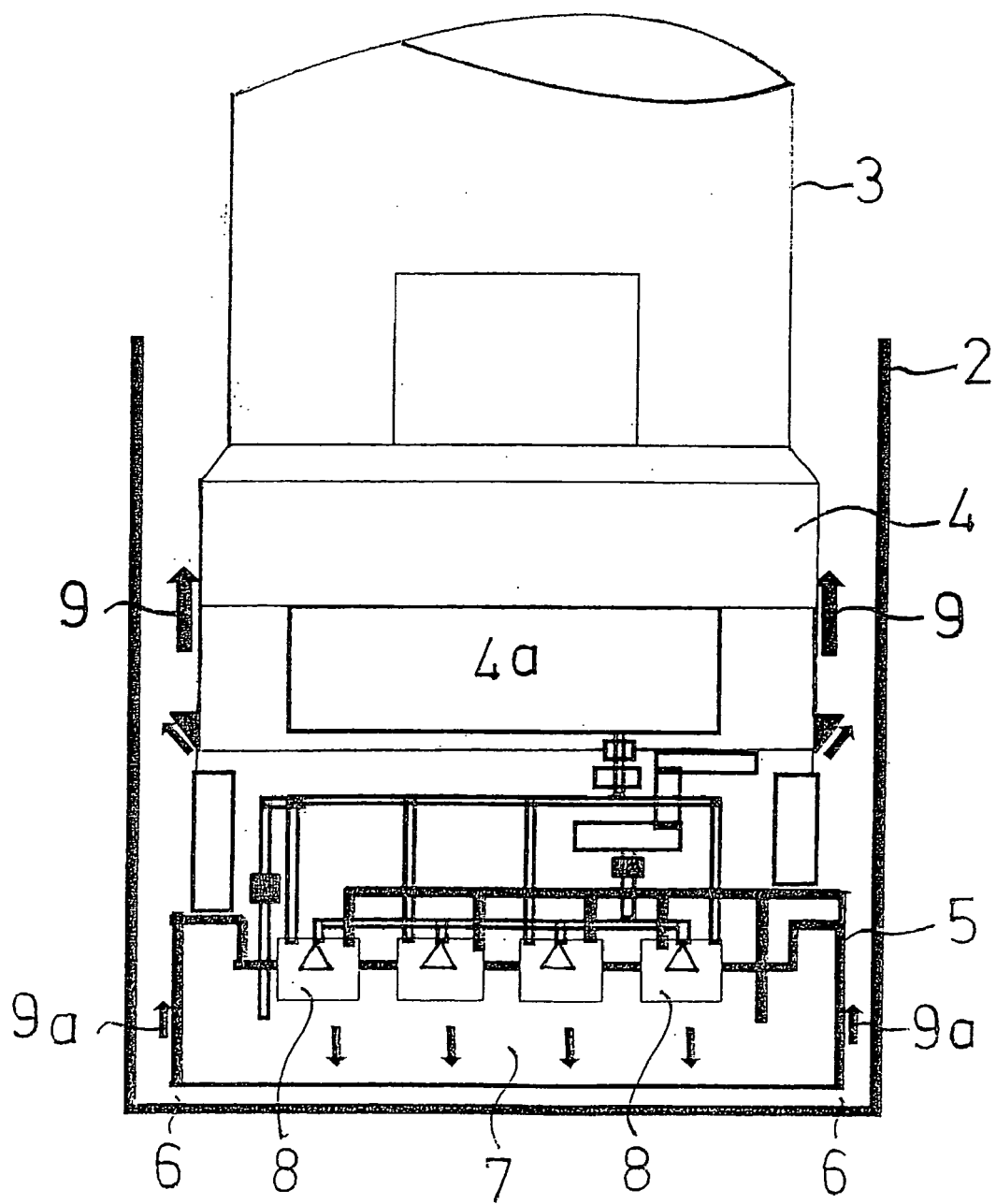


FIG. 3

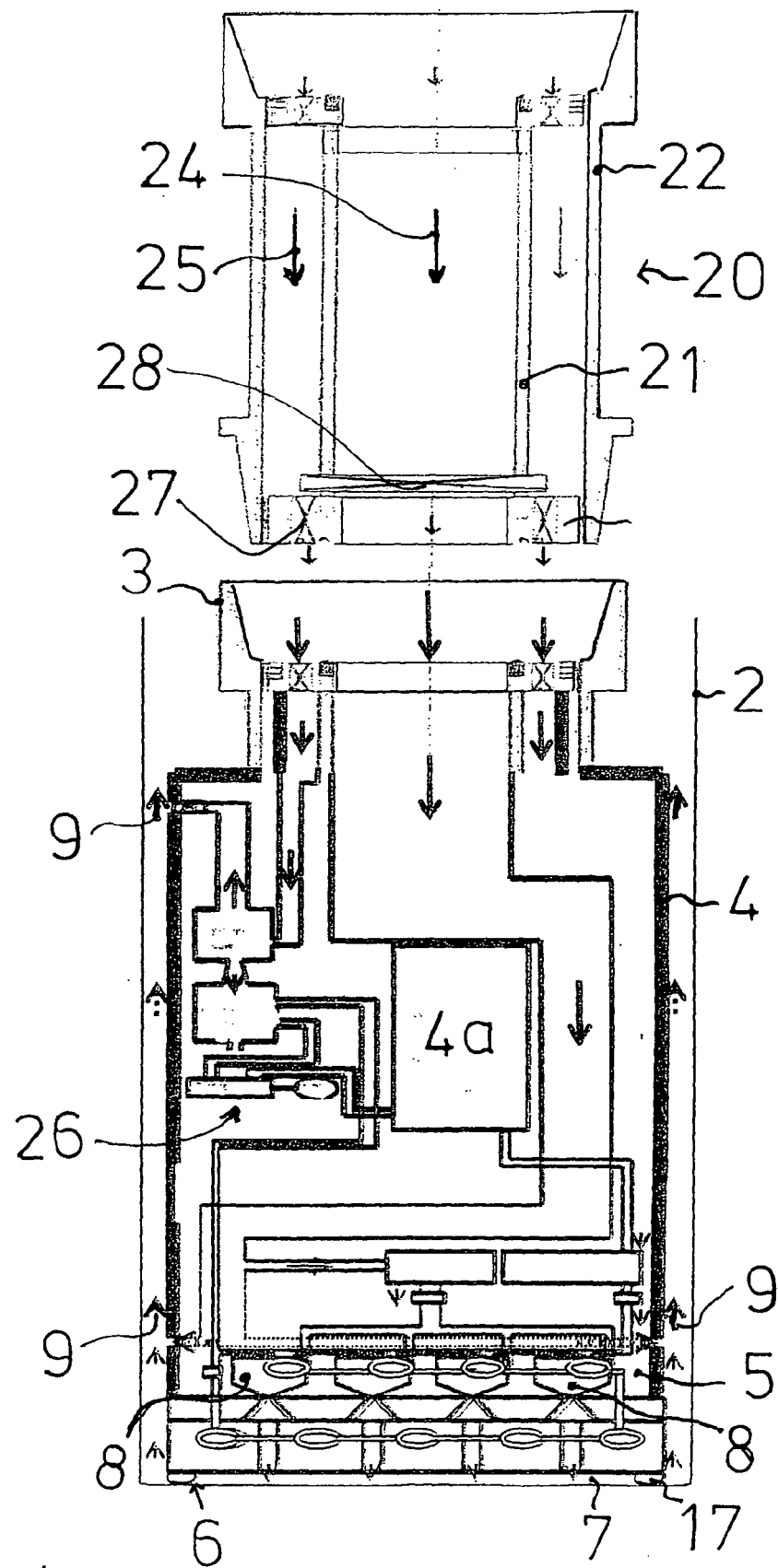


FIG. 4

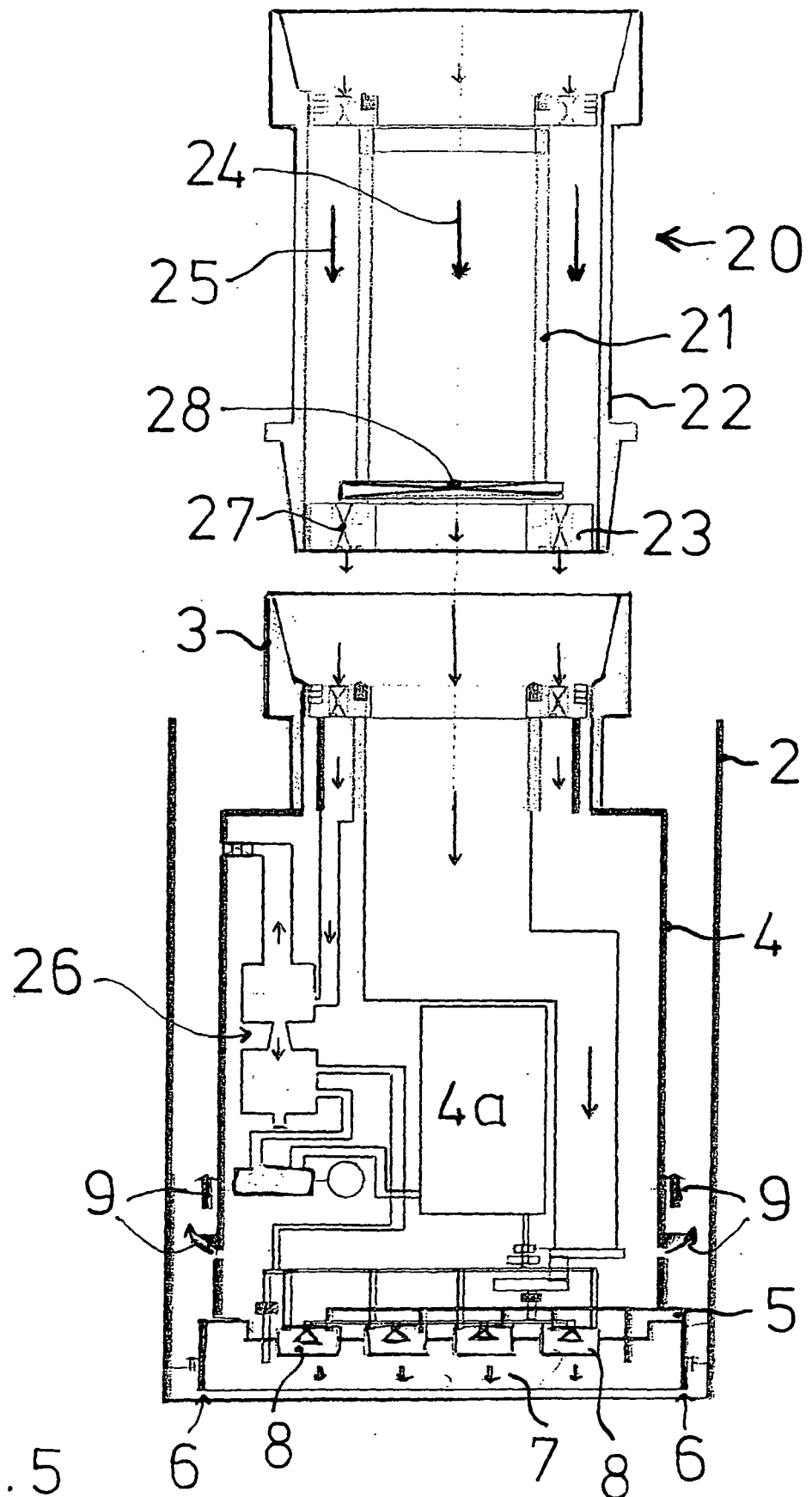


FIG. 5

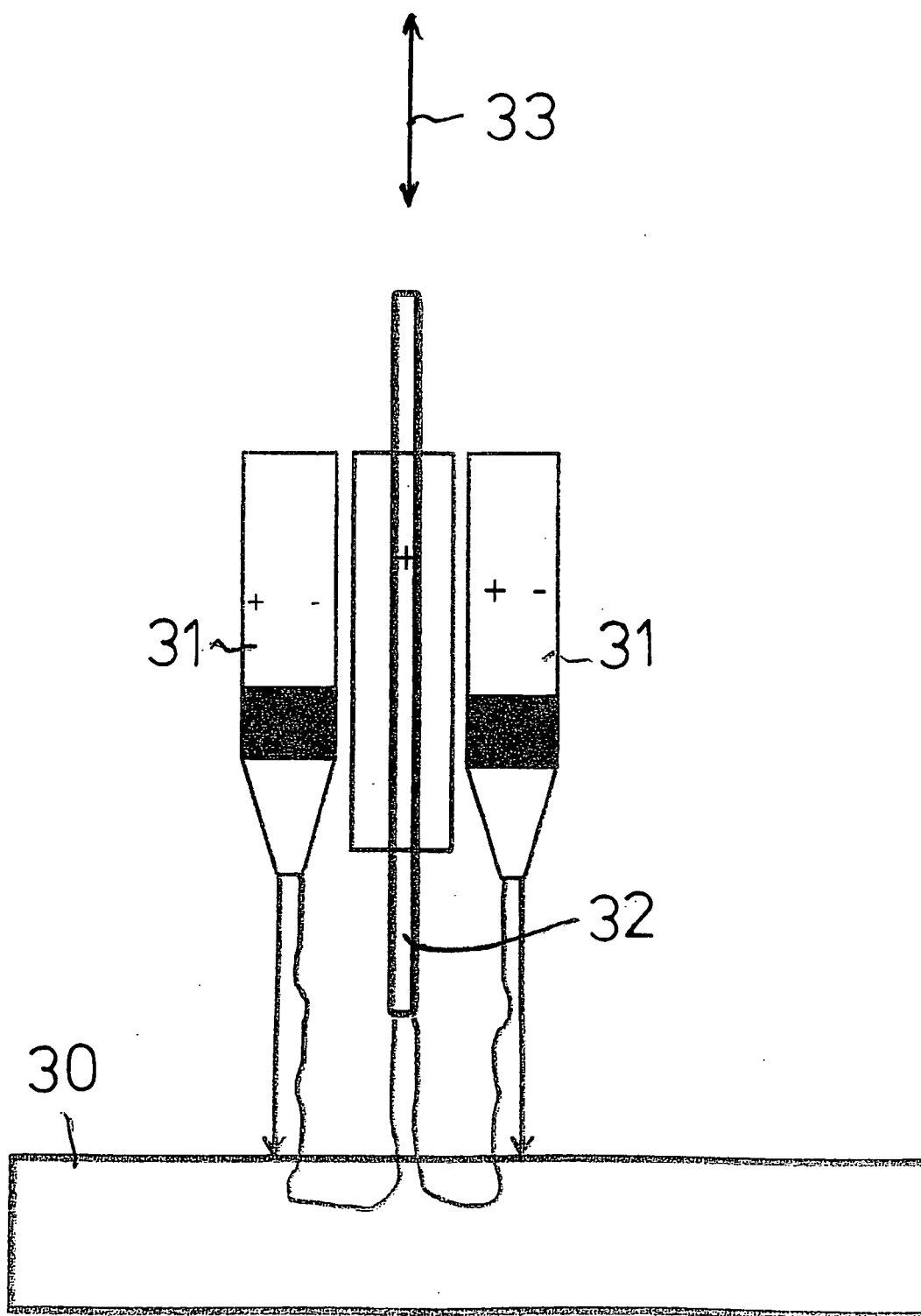


FIG. 6