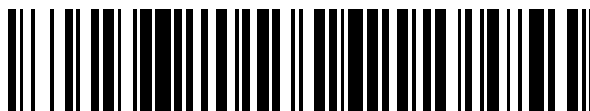


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 558 476**

51 Int. Cl.:

F22B 1/02 (2006.01)
F28D 20/00 (2006.01)
F01K 3/00 (2006.01)
F22B 21/00 (2006.01)
F22B 29/06 (2006.01)
F01K 3/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2011 E 11813404 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.10.2015 EP 2652272**

54 Título: **Depósito de almacenamiento de energía térmica con generador de vapor integrado**

30 Prioridad:

14.12.2010 IT RM20100660

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

04.02.2016

73 Titular/es:

**AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE
TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO
ECONOMICO SOSTENIBILE (ENEA) (50.0%)
Lungotevere G.A. Thaon di Revel 76
00196 Roma (RM), IT y
ANSALDO NUCLEARE S.P.A. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**RINALDI, LUCA;
FABRIZI, FABRIZIO;
ALEMBERTI, ALESSANDRO;
GAGGIOLI, WALTER;
ALIOTTA, SALVATORE;
BARBENSI, ANDREA y
TARQUINI, PIETRO**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 558 476 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

Depósito de almacenamiento de energía térmica con generador de vapor integrado

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un depósito de almacenamiento de energía térmica con generador de vapor integrado.

10 En concreto, la presente invención se refiere a un depósito para almacenar sales fundidas que están estratificadas en temperatura con un generador de vapor integrado, al que la descripción siguiente hará referencia explícita sin que ello implique pérdida de generalidad.

15 **Antecedentes de la invención**

15 En general, las plantas para producir energía térmica usando sales fundidas están constituidas sustancialmente por medios para calentar las sales fundidas, por un depósito caliente proporcionado para mantener las sales fundidas a una temperatura alta (de aproximadamente 550°C), por un generador de vapor por el que pasan las sales que entran procedentes del depósito caliente, y por un depósito frío, en el que las sales fundidas frías (a una temperatura de aproximadamente 290°C) son almacenadas después de haber salido del generador de vapor.

20 US 2004/0182081 y US 5 384 489 ejemplifican centrales eléctricas con depósitos de almacenamiento de energía térmica conocidos en la técnica.

25 Como pueden apreciar inmediatamente los expertos en el sector, un tipo de planta de esta naturaleza implica la presencia de numerosos componentes, lo que da lugar a un costo de explotación alto debido tanto al mantenimiento y la sustitución de los componentes propiamente dichos como al mantenimiento de un transporte efectivo y seguro de las sales fundidas. De hecho, las plantas descritas anteriormente contemplan necesariamente la presencia de numerosos tubos externos, en los que las sales fundidas se deben mantener a una presión dada y a una temperatura operativa dada para no poner en peligro la efectividad del proceso en conjunto.

30 Además, este tipo de plantas implica una considerable ocupación de espacio, que a veces puede hacer problemática su construcción, si no la pone en peligro.

35 Por lo tanto, se siente la necesidad de disponer de un componente que, usando un fluido termovector, permita la producción de vapor con ahorro de costos y espacio en comparación con la técnica conocida.

Descripción de la invención

40 La materia de la presente invención es un depósito de almacenamiento de energía térmica para un fluido termovector en la fase líquido, cuyas características básicas se especifican en la reivindicación 1, y cuyas características preferidas y/o auxiliares se especifican en las reivindicaciones 2-6.

45 Otro objeto de la presente invención es un método para producir vapor, cuyas características básicas se especifican en la reivindicación 7, y cuyas características preferidas y/o auxiliares se especifican en las reivindicaciones 8-10.

Breve descripción de los dibujos

50 Para una mejor comprensión de la invención, a continuación se describe una realización de la misma puramente a modo de ilustración no limitativa con la ayuda de las figuras de los dibujos anexos, donde:

La figura 1 es una vista en sección transversal de una realización preferida del depósito de almacenamiento de energía térmica que forma la materia de la presente invención.

55 La figura 2a es una vista lateral con partes en sección transversal de una realización preferida del generador de vapor incluido en el depósito de la figura 1.

60 Y la figura 2b es una vista lateral de un ángulo girado 90° del generador de vapor de la figura 2a con partes en sección transversal.

Mejor modo de llevar a la práctica la invención

65 Con 1 se designa en conjunto en la figura 1 un depósito de almacenamiento de energía térmica según la presente invención.

El depósito 1 incluye una estructura de contención 2, que tiene varias aberturas (una primera abertura 3 y una

segunda abertura 4 se representan en la figura) hechas en su tapa superior 5.

El depósito 1 incluye un circuito regenerador 6 para calentar un fluido termovector y para almacenamiento térmico, que, en el caso en cuestión, está constituido por una mezcla de sales fundidas formada por 60% de nitrato de sodio y por 40% de nitrato de potasio, pero que incluso puede estar constituida por otros tipos de mezclas de sales o un fluido con alta capacidad térmica.

En lo que sigue, por el término “sales fundidas frías” se entiende la mezcla definida anteriormente a una temperatura de aproximadamente 290°C, mientras que por el término “sales fundidas calientes” se entiende la mezcla definida anteriormente a una temperatura de aproximadamente 550°C.

A su vez, el circuito regenerador 6 incluye una bomba de admisión 7, cuya boca de admisión 8 se aloja cerca de la parte inferior de la estructura de contención 2, un tubo 9 para admisión de las sales fundidas frías dispuesto de manera que atraviese la primera abertura 3 y cuya primera parte 9a se aloja dentro y una segunda parte 9b se aloja fuera de la estructura de contención 2, un tubo 10 para verter las sales fundidas calientes, que también está dispuesto de manera que atraviese la primera abertura 3 y cuya primera parte 10a se aloja fuera y una segunda parte 10b se aloja dentro de la estructura de contención 2, y medios para calentar las sales fundidas designado en conjunto con 11 y colocados entre el tubo de admisión 9 y el tubo de vertido 10.

Los medios de calentamiento 11 pueden ser identificados, a modo de ejemplo, por un concentrador solar (por ejemplo, un campo de espejos parabólicos lineales) o por una caldera de biomasa.

En concreto, el tubo de admisión 9, el tubo de vertido 10, y el conjunto de componentes eléctricos de la bomba 7 atraviesan una pestaña 12 colocada de manera que cierre la primera abertura 3 para garantizar el aislamiento con respecto al exterior de las sales fundidas colocadas dentro de la estructura de contención 2.

Además, por el término “sales fundidas frías” se entiende la mezcla definida anteriormente a una temperatura de aproximadamente 290°C, mientras que por el término “sales fundidas calientes” se entiende la mezcla definida anteriormente a una temperatura de aproximadamente 550°C.

Las sales fundidas se disponen dentro de la estructura de contención 2 según un gradiente de temperatura, por lo que las sales fundidas más frías se disponen en la parte inferior de la estructura de contención y las sales fundidas más calientes se disponen en la superficie de la masa de sales fundidas presente en la estructura de contención 2.

Finalmente, el depósito 1 incluye un generador de vapor 13 alojado dentro de la estructura de contención 2.

Como se ilustra en las figuras 2a y 2b, el generador de vapor 13 incluye una envuelta cilíndrica 14, prácticamente completamente sumergida en el uso en las sales fundidas, un difusor 15 conectado de forma estanca a los fluidos a un extremo inferior 14a de la envuelta 14, y tres tubos de agua/vapor 16. Cada uno de los tubos 16 está constituido por una porción de distribución 16a, desde la que el agua sub-enfriada entra a una temperatura de 240°C, una porción de intercambio térmico 16b con conformación helicoidal, alojada dentro de la envuelta 14 y coaxial con ella, y una porción de retorno 16c, a través de la que el vapor supercalentado sale a una temperatura de 520°C.

A causa de su disposición relativa, en la figura 2a se pueden ver en vista en sección transversal una porción 16a y una porción 16c, mientras que en la figura 2b se pueden ver en vista en sección transversal dos porciones 16a.

Las porciones 16c son visibles tanto totalmente como en vista en sección transversal en la figura 2a.

Las respectivas porciones de distribución 16a y las porciones de retorno 16c atraviesan una pestaña 17 colocada para cerrar la segunda abertura 4, como se ha descrito anteriormente en conexión con la pestaña 12, para garantizar el aislamiento de las sales fundidas colocadas dentro de la estructura de contención 2 con respecto al entorno exterior.

A diferencia de lo descrito anteriormente, las varias porciones de distribución 16a y las porciones de retorno 16c de los tubos 16 pueden ser sustituidas, respectivamente, por un solo colector de distribución y un solo colector de retorno. En otros términos, el haz de tubos, en el que tiene lugar intercambio térmico con las sales fundidas, tiene un primer extremo que se bifurca del colector de distribución para el agua sub-enfriada y un segundo extremo que converge en un colector de retorno para el vapor. De esta forma, tanto el colector de distribución como el colector de retorno atraviesan la pestaña 17.

En la envuelta 14 se ha formado una pluralidad de aberturas 18 cerca de un extremo superior 14b de la envuelta 14 propiamente dicha. Como se describirá a continuación, el generador de vapor 13 estará alojado en la estructura de contención 2 de tal forma que las aberturas 18 estén al nivel de las sales fundidas calientes, y el difusor 15 estará al nivel de las sales fundidas frías.

De esta forma, las sales fundidas calientes entran en la envuelta 14 a través de las aberturas 18 y salen del difusor

15 como sales fundidas frías después de haber realizado su función como fluido primario en el proceso de intercambio térmico.

5 Básicamente, el conjunto constituido por la envuelta 14 y las porciones de intercambio térmico 16b define en conjunto un intercambiador de calor de haz de tubos y envuelta.

10 En el caso específico, en cada uno de los tubos 16, la porción de distribución 16a se extiende linealmente desde el exterior de la estructura de contención 2 hasta el extremo inferior 14a de la envuelta 14, la porción de intercambio térmico 16b se extiende en una conformación helicoidal desde el extremo inferior 14a de la envuelta 14 hasta las aberturas 18, y la porción de retorno 16c se extiende en una conformación lineal desde las aberturas 18 y sale de la estructura de contención 2 a través de la pestaña 17 llegando al dispositivo de utilización previsto para la producción de energía, tal como, por ejemplo, una turbina.

15 Por lo tanto, las sales fundidas calientes entran a través de las aberturas 18 dentro de la envuelta 14 y rodean las tres porciones de intercambio térmico 16b para realizar intercambio térmico con el agua que fluye en ellas. En concreto, las sales fundidas fluyen de arriba hacia abajo transmitiendo calor al agua que fluye en contracorriente de abajo arriba a lo largo de las porciones de intercambio térmico 16b. Las sales fundidas, durante el proceso de intercambio térmico, se enfrían gradualmente, haciéndose así cada vez más pesadas y descendiendo hacia el difusor 15 saliendo de él a una temperatura igual a la temperatura de las sales fundidas presentes al nivel donde se encuentra el difusor 15 propiamente dicho.

20 Con el fin de garantizar el flujo de las sales fundidas desde las aberturas 18 al difusor 15, al menos en un primer paso operativo inicial, el generador de vapor 13 incluye un componente, que, promoviendo el movimiento de las sales fundidas, contribuye al inicio de su circulación natural. Según el ejemplo ilustrado en la figura 2a, dicho componente es un impulsor 19 alojado hacia arriba del difusor 15 y movido por un vástago de accionamiento 20, que se extiende axialmente con respecto a las porciones helicoidales de intercambio térmico 16b y luego fuera de la estructura de contención 2 a través de la pestaña 17.

25 El generador de vapor 13 incluye además un primer revestimiento de aislamiento térmico 21 colocado alrededor de la envuelta 14 y una segunda camisa de aislamiento térmico 22 colocada dentro de las porciones de intercambio térmico 16b y fuera de las porciones de distribución 16a.

30 Las camisas de aislamiento térmico 21 y 22 se obtienen llenando el intervalo anular que crean con bolas de alúmina de 5 mm de diámetro sumergidas en sales fundidas estacionarias. Las bolas de alúmina, que es un material aislante térmico bueno al que equivalen las sales fundidas estacionarias con respecto a la conductividad térmica, tienen la finalidad de mejorar la prevención de flujo de las sales fundidas propiamente dichas. La finalidad de las camisas de aislamiento es aislar, respectivamente, las sales fundidas que fluyen dentro de la envuelta 14, con el fin de garantizar su intercambio térmico exclusivamente con el agua que fluye dentro de las porciones de intercambio térmico 16b, y el agua que fluye en las porciones de distribución 16a, de modo que el agua no experimente un proceso de calentamiento durante su recorrido de entrada.

35 El depósito que constituye la materia de la presente invención garantiza la producción de vapor supercalentado por medio de un generador de vapor sin necesidad de proporcionar circuitos externos para entrada y salida del fluido termovector.

40 De hecho, la estratificación de las sales fundidas, como fluido termovector, garantiza la posibilidad de usar una sola estructura de contención para las sales fundidas calientes y para las sales fundidas frías sin que el calor de las primeras se transmita por convección a las últimas. Así es posible explotar la estratificación en temperatura de las sales fundidas sumergiendo en ellas el generador de vapor con desarrollo vertical en una posición tal que reciba en el generador las sales fundidas en el nivel en el que están calientes y las libere en el nivel en el que están frías.

45 La capacidad de estratificación del fluido termovector desempeña un papel esencial también dentro del generador de vapor. De hecho, las sales fundidas penetran en la envuelta 14 a través de las aberturas 18 y, por circulación natural en la medida en que se enfrían y son más pesadas, atraviesan con un movimiento de arriba hacia abajo la envuelta 14 propiamente dicha transmitiendo calor al agua que fluye en contracorriente en las porciones de intercambio térmico 16b. Así, dentro del generador de vapor 13, no hay necesidad de forzar de ninguna forma el avance de las sales fundidas en la medida en que éste tiene lugar de forma natural.

50 Con el fin de evitar cualquier movimiento convectivo que podría perturbar la estratificación indicada anteriormente, el generador de vapor se debe diseñar de tal forma que las sales fundidas salgan del generador de vapor con una temperatura igual a la temperatura presente al nivel del difusor del que salen físicamente.

55 El difusor 15 se debe diseñar de tal forma que minimice los movimientos del fluido almacenado en la parte inferior de la estructura de contención 2 para evitar el posible inicio de movimientos indeseables de mezcla de la estratificación térmica en la masa almacenada.

60

65

5 El único circuito externo proporcionado por el depósito que constituye la materia de la presente invención, está constituido por el circuito regenerador 6, por lo que se garantiza una producción constante de sales fundidas calientes. De hecho, las sales fundidas frías son tomadas de la parte inferior de la estructura de contención 2 para experimentar un tratamiento de calentamiento proporcionado, por ejemplo, por medio de un conjunto de concentradores solares, y a continuación son realimentadas a la estructura de contención 2 depositándose casi en la superficie de las sales fundidas, es decir, donde están más calientes.

10 El depósito según la presente invención puede incluir una pluralidad de generadores de vapor que son independientes uno de otro y están alojados en una y la misma estructura de contención. De esta forma, usando siempre un solo depósito en el que el fluido termovector estratifica en temperatura, se multiplica la producción de vapor supercalentado, y, en consecuencia, la energía que es posible producir con dicho vapor.

15 Otra variante, en comparación con la ilustrada anteriormente, que no se incluye en el alcance de la invención reivindicada, consiste en la posibilidad de disponer el generador de vapor fuera de la estructura de contención 2, a la que en cualquier caso está conectado con el fin de recibir de ella el fluido termovector a una temperatura alta y de pasarlo al fluido termovector que se ha enfriado después del intercambio térmico. También en este caso, el fluido termovector enfriado se introducirá en la estructura 2 en una región correspondiente a otro fluido termovector estratificado que tenga la misma temperatura.

20 El depósito de la presente invención está provisto entonces de estructuras concretas ("trampas") colocadas en sus paredes internas, con el fin de atrapar la sal fundida cerca de las paredes propiamente dichas y evitar que fluya, explotando así las buenas propiedades de aislamiento térmico de las sales fundidas estacionarias para proporcionar un blindaje térmico que minimizará las pérdidas de calor hacia el exterior del depósito propiamente dicho.

25 Como los expertos del sector pueden apreciar inmediatamente, de esta forma será posible producir una alta cantidad de energía con costos corrientes y de mantenimiento considerablemente reducidos en comparación con las plantas según la técnica conocida y, al mismo tiempo, es posible reducir drásticamente las dimensiones generales necesarias.

30 Como se deduce de la descripción anterior, el depósito de almacenamiento de energía térmica que constituye la materia de la presente invención permite la reducción tanto del número de componentes (un solo depósito y un solo circuito de sales fundidas) como de los aparatos presurizados, reduciendo en consecuencia tanto los costos de planta como los problemas correspondientes de mantenimiento y/o sustitución. Además, garantiza una mayor compacidad de la planta en conjunto, dando lugar así a un mejor uso de los espacios necesarios.

35

REIVINDICACIONES

1. Un depósito de almacenamiento de energía térmica (1) incluyendo una estructura de contención (2) diseñada para alojar un depósito de fluido termovector en el estado líquido y espontáneamente estratificado en temperatura, un circuito regenerador (6) diseñado para tomar dicho fluido termovector de una parte inferior de dicha estructura de contención (2) para sacarlo de dicha estructura de contención (2) y, una vez calentado por medio de medios de calentamiento (11) que están alojados fuera de dicha estructura de contención (2), para depositarlo en una porción superficial de dicho depósito de fluido termovector, al menos un generador de vapor (13) incluyendo un intercambiador de calor (14, 16b) con extensión vertical que se aloja dentro de dicha estructura de contención (2) y sumergido en dicho fluido termovector; teniendo dicho intercambiador de calor (14, 16b) al menos una abertura superior (18) diseñada para la entrada de dicho fluido termovector procedente de dicho depósito y una abertura inferior diseñada para la salida de dicho fluido termovector (15) para su reintroducción en dicho depósito.
2. El depósito de almacenamiento de energía térmica (1) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicho intercambiador de calor (14, 16b) es un intercambiador de calor de haz de tubos (16b) y envuelta (14).
3. El depósito de almacenamiento de energía térmica (1) según la reivindicación 2, **caracterizado porque** dicho generador de vapor (13) incluye una envuelta cilíndrica (14) y un haz de tubos (16b) con conformación helicoidal y alojado totalmente dentro de dicha envuelta (14).
4. El depósito de almacenamiento de energía térmica (1) según la reivindicación 3, **caracterizado porque** dicho generador de vapor (13) incluye una primera camisa de aislamiento térmico (21) colocada alrededor de la envuelta (14) para aislar térmicamente el fluido termovector que fluye dentro de la envuelta desde el depósito de fluido termovector presente en la estructura de contención, y una segunda camisa de aislamiento térmico (22) colocada dentro de las porciones de intercambio térmico (16b) y fuera de las porciones de distribución (16a) para aislar térmicamente el agua que fluye en ella del fluido termovector presente dentro de la envuelta (14).
5. El depósito de almacenamiento de energía térmica (1) según alguna de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** dicho generador de vapor (13) incluye un difusor (15) conectado de forma estanca a los fluidos a un extremo inferior (14a) de la envuelta (14) y que constituye dicha abertura inferior.
6. El depósito de almacenamiento de energía térmica (1) según la reivindicación 5, **caracterizado porque** dicho generador de vapor (13) incluye un componente (19) diseñado para promover el movimiento de las sales fundidas para contribuir al inicio de su circulación natural.
7. Un método para producir vapor incluyendo un paso de intercambio térmico en el que agua que fluye de abajo arriba dentro de los tubos intercambia calor con un fluido termovector en el estado líquido que fluye de arriba abajo en una envuelta en la que dichos tubos están alojados; **caracterizándose** dicho método porque dicha envuelta está conectada en entrada y en salida a un depósito de dicho fluido termovector en el estado líquido estratificado en temperatura; entrando dicho fluido termovector desde la parte superior a una temperatura alta, atravesando dicha envuelta de arriba abajo con transmisión simultánea de calor al agua y saliendo en la parte inferior de la envuelta a una temperatura más baja para entrar en dicho depósito en un nivel en el que el fluido termovector estratificado tiene una temperatura aproximadamente igual a la suya propia; estando sumergida dicha envuelta dentro de dicho depósito de fluido termovector en el estado líquido estratificado en temperatura; entrando dicho fluido termovector en dicha envuelta por arriba por percolación y saliendo de la envuelta en la parte inferior a la temperatura del fluido termovector presente en el nivel en el que tiene lugar la salida.
8. El método para producir vapor según la reivindicación 7, **caracterizado porque** dicho fluido termovector en el estado líquido está constituido por sales fundidas formadas por una mezcla de nitrato de sodio y nitrato de potasio.
9. El método para producir vapor según cualquiera de las reivindicaciones 7 o 8, **caracterizado porque** incluye un paso de calentamiento en el que el fluido termovector, en secuencia:
- es sacado de la parte inferior de dicho depósito;
 - es sometido a un proceso de calentamiento; y
 - es depositado en una porción superficial de dicho depósito de fluido termovector estratificado en temperatura.
10. El método para producir vapor según la reivindicación 9, **caracterizado porque** dicho proceso de calentamiento tiene lugar por medio de un conjunto de concentradores solares.

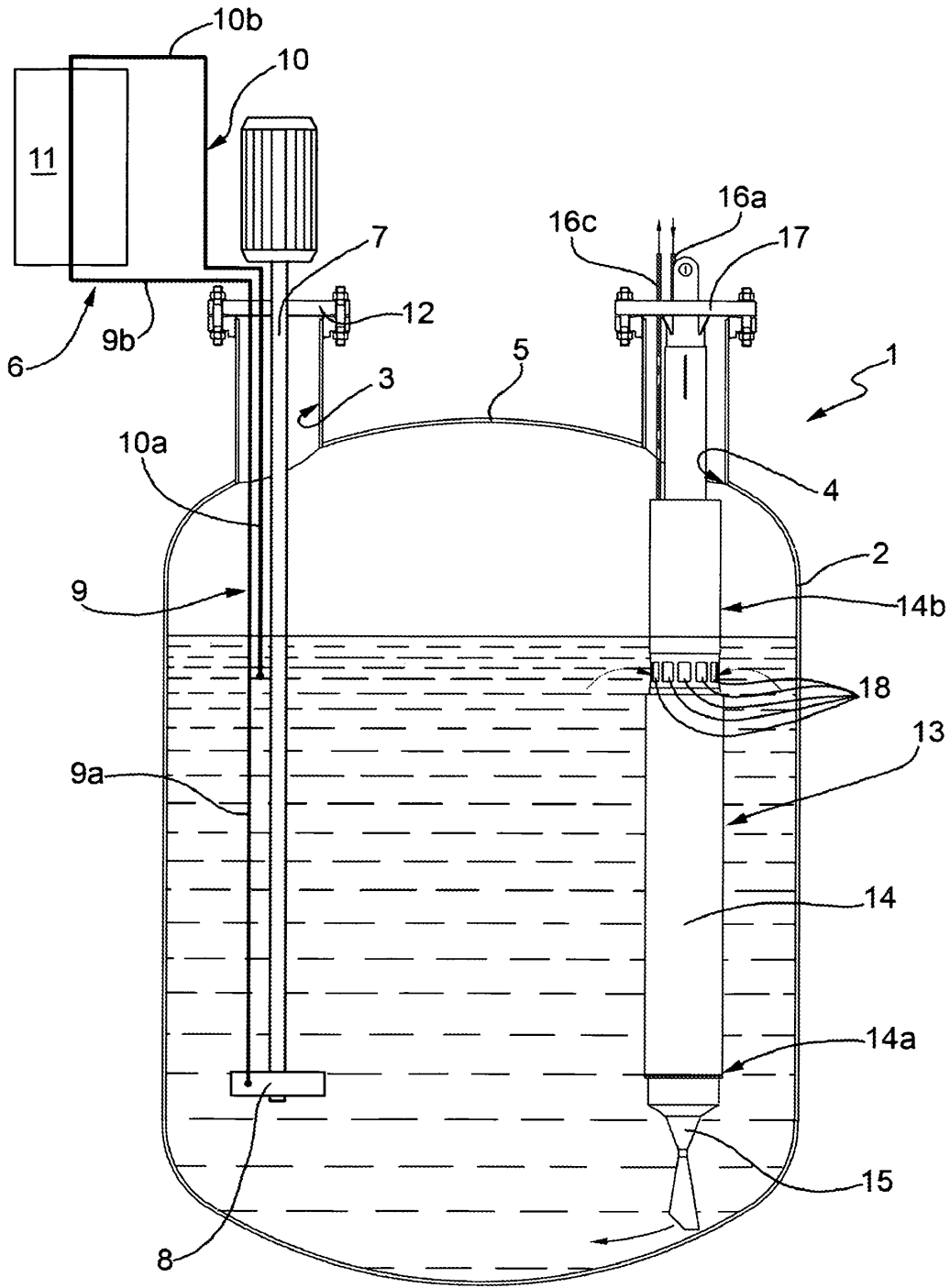


FIG.1

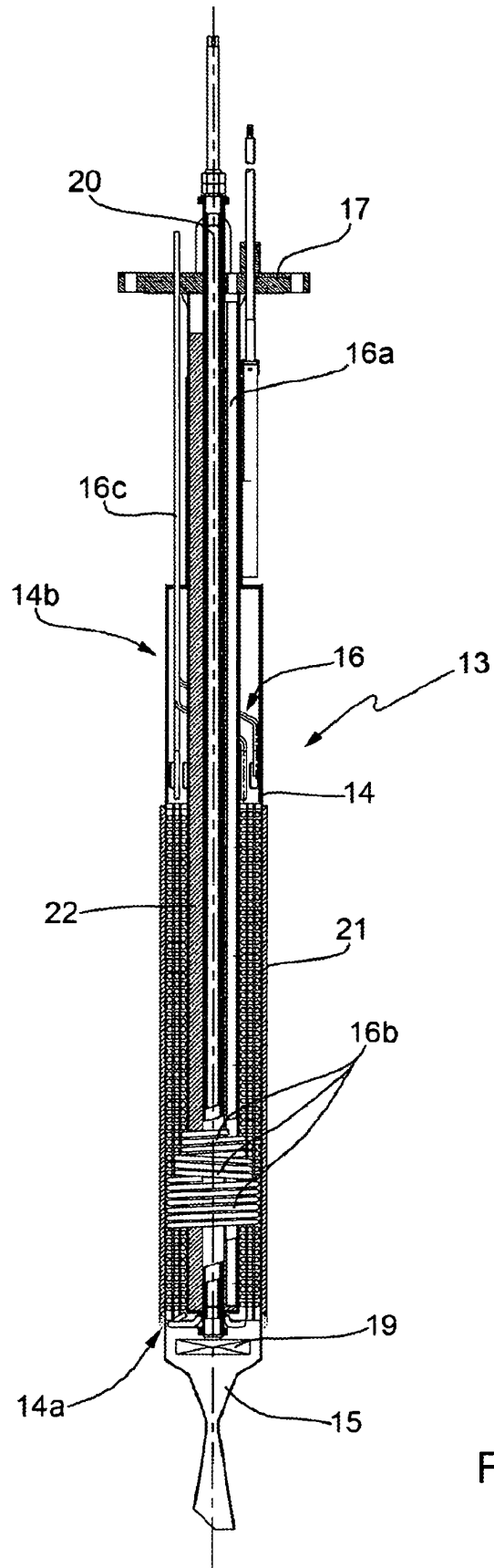


FIG.2a

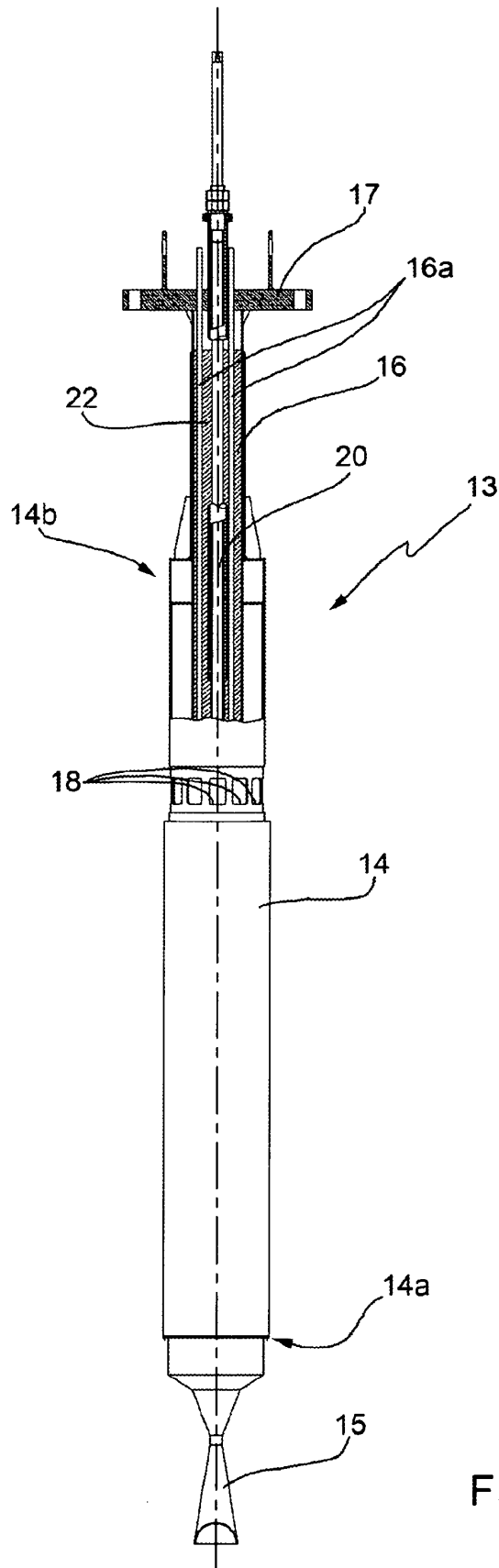


FIG.2b