

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 768**

51 Int. Cl.:

**G21C 15/247** (2006.01)

**G21C 15/243** (2006.01)

**F04D 7/06** (2006.01)

**F22B 1/06** (2006.01)

**G21C 1/03** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.01.2017 PCT/IB2017/050287**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.07.2017 WO17125874**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.01.2017 E 17710043 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019 EP 3405959**

54 Título: **Conjunto de bomba/intercambiador de calor de reactor nuclear**

30 Prioridad:

**19.01.2016 IT UB20160544**

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

**14.07.2020**

73 Titular/es:

**HYDROMINE NUCLEAR ENERGY S.A.R.L.  
(100.0%)**

**19, Rue de Bitbourg  
1273 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:

**CINOTTI, LUCIANO**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 773 768 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

Conjunto de bomba/intercambiador de calor de reactor nuclear

### 5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un conjunto de bomba/intercambiador de calor de un reactor nuclear, en particular un reactor nuclear refrigerado por metal líquido.

10 En particular, la invención se refiere a un conjunto de bomba/intercambiador de calor incluyendo una bomba de circulación primaria, es decir, que opera en un fluido refrigerante primario del reactor, y un intercambiador de calor primario, donde circula el fluido primario y dentro del que se aloja la bomba de circulación del fluido primario.

15 La invención también se refiere a un reactor nuclear, en particular un reactor nuclear refrigerado por metal líquido, equipado con dicho conjunto de bomba/intercambiador de calor, que opera en el fluido refrigerante primario del reactor.

### **Estado de la técnica anterior**

20 Las Solicitudes de Patente italianas números MI2007A001685 (posteriormente ampliada a Solicitud de Patente Internacional WO2009/024854), MI2008A000766 (Solicitud de Patente Internacional WO2009/040644) y GE2015A000036 (Solicitud de Patente Internacional WO2016/147139) muestran un conjunto de bomba/intercambiador de calor de este tipo, dentro del que están alojados el eje y el impulsor de bomba.

25 El documento US4216821 también expone una solución de este tipo.

Tal solución es sumamente compacta, pero no carece de inconvenientes, en particular en términos de distribución del flujo primario. Dado que la alimentación del haz de tubos es radial, la velocidad axial del fluido primario cae cuando pasa de la parte inferior a la parte superior en la zona de alimentación del intercambiador de calor. Esta caída de la velocidad axial corresponde a una presión más alta y, por lo tanto, una sobrepresión en la parte superior del intercambiador de calor con respecto a la parte inferior.

### **Materia de la invención**

35 Un objeto de la presente invención es proporcionar un conjunto de bomba/intercambiador de calor para un reactor nuclear que permite superar los inconvenientes de las soluciones conocidas y tiene más ventajas de seguridad.

Por lo tanto, la invención se refiere a un conjunto de bomba/intercambiador de calor de un reactor nuclear como el definido en la reivindicación 1 anexa, así como un reactor nuclear como el definido en la reivindicación 6 anexa

40 Otras características de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

45 Esencialmente, la invención se caracteriza por una geometría específica del eje impulsor de la bomba del conjunto de bomba/intercambiador de calor. De hecho, según la invención, el eje del impulsor tiene un perfil axial optimizado con el fin de superar dichos inconvenientes de la técnica conocida.

### **Breve descripción de los dibujos**

50 La invención se describe por medio de una realización no limitativa, con referencia a las figuras de los dibujos acompañantes, en los que:

La figura 1 es una vista esquemática parcial en sección longitudinal de un reactor nuclear provisto de al menos un conjunto de bomba/intercambiador de calor con un eje impulsor según la invención.

55 La figura 2 es una vista esquemática en sección longitudinal y en escala ampliada del conjunto de bomba/intercambiador de calor de la figura 1.

La figura 3 es una vista esquemática en sección longitudinal de un detalle del conjunto de bomba/intercambiador de calor de la figura 2, y representa una realización diferente del eje impulsor de la bomba.

60 Y la figura 4 es una vista esquemática en sección transversal a lo largo de plano A-A de la figura 3.

### **Realización preferida de la invención**

65 Con referencia a las figuras 1-2, un reactor nuclear 1 incluye una vasija principal 2 cubierta por un techo 3 y conteniendo un núcleo 4. Uno o varios conjuntos de bomba/intercambiador de calor 5 están alojados dentro de la

vasija 2; cada conjunto de bomba/intercambiador de calor 5 incluye una bomba 6 para hacer circular el fluido refrigerante primario 7 del reactor 1 y un intercambiador de calor 8. Preferiblemente, el fluido primario 7 es un metal pesado líquido, por ejemplo, plomo. Hay una manta de gas encima del fluido primario 7 en la vasija 2.

5 El intercambiador de calor 8 es preferiblemente un intercambiador de calor de casco y tubo y tiene un haz de tubos 20 que ocupa una zona anular fuera de una envuelta interior 9 que está provista de agujeros 10 y que define un volumen interno donde los componentes de la bomba 6 están alojados y, en particular, una envuelta cilíndrica 11, provista de agujeros 12 y que actúa como un soporte de un difusor 13 de la bomba 6, y el eje 14 del impulsor 15. Hay un conducto de alimentación 16 entre el interior de la envuelta cilíndrica 11 y el exterior del eje 14. El motor 17 de la bomba 6 y los cojinetes mecánicos 18 que soportan mecánicamente el eje 14 están situados encima del techo 3 del reactor.

15 En condiciones operativas normales del reactor 1, el fluido primario 7 que sale del núcleo 4 es transportado en el conducto de conexión 19 e, impulsado por el impulsor 15 de la bomba de circulación 6, circula de abajo arriba a través del conducto de alimentación 16 y luego fluye a través de los agujeros 12 de la estructura cilíndrica 11, a través de los agujeros 10 de la envuelta 9 y radialmente a través del haz de tubos 20.

20 La bomba 6 se caracteriza por un eje 14 del impulsor 15 con una sección transversal axialmente variable. El eje 14 tiene un diámetro mínimo en la parte inferior del haz de tubos 20 del intercambiador de calor 8 y un diámetro que aumenta en la dirección hacia arriba hasta la parte superior del haz de tubos 20, con un conducto de alimentación 16 que en consecuencia tiene una sección transversal mayor en la parte inferior donde el flujo del fluido primario es más grande y una sección transversal más pequeña en la parte superior donde el flujo es menor.

25 Aparte de los requisitos de implementación y diseño del haz de tubos 20 del intercambiador de calor 8, el perfil del eje 14 de la bomba 6 estará conformado para hacer la sección del conducto 16 (prevista como la sección transversal, ortogonal al eje de rotación del eje 14) aproximadamente proporcional a la altura  $h$  de la parte de haz de tubos 20 que sube por encima. Por ejemplo, el perfil del eje 14 puede ser cilíndrico debajo de la parte inferior y encima de los niveles superiores del haz de tubos 20, y un paraboloide de rotación entre el punto B y el punto C, respectivamente correspondientes a la parte inferior y al nivel superior del haz de tubos 20.

30 El eje 14 puede estar constituido por una pieza maciza hecha totalmente de un material estructural, como se representa en las figuras 1 y 2, o, como se representa en detalle en las figuras 3 y 4, el eje 14 de la bomba 6 puede ser hueco y estar provisto de una cavidad longitudinal interna 23.

35 En este caso, el eje hueco 14 está montado axialmente con un conducto 21 en la parte inferior para permitir, también por medio de otros conductos 22, la entrada de fluido primario 7 a la cavidad 23; un conducto 24 también está montado en la parte superior para permitir la salida de gas de la parte superior del reactor 1 y el llenado con fluido primario 7 hasta el perfil 25, cuya forma también es una función de la velocidad rotacional del impulsor 15.

40 Se han dispuesto chapas metálicas 26 en una disposición cruciforme e integrales con el eje 14 para poner integralmente en rotación el fluido primario contenido dentro del eje.

Las ventajas de la presente invención emergen claramente de la descripción anterior.

45 - El conjunto de bomba/intercambiador de calor 5 constituye una unidad compacta.

50 - El perfil conformado del eje 14 permite calibrar la velocidad axial del fluido primario 7 en el conducto 16 de una manera que hace posible alimentar uniformemente los intercambiadores de calor 8. En particular, es posible hacer constante la velocidad ascendente del fluido primario 7 en el conducto de alimentación 16, o ajustarla según los requisitos de distribución de flujo del diseño para el intercambiador de calor 8.

55 - Toda la explotación del espacio dentro de la envuelta 11 permite crear un eje 14 de alta rigidez mecánica e inercia. La alta rigidez mecánica permite evitar el uso de cojinetes flotantes para la bomba 6, sumergida en el fluido primario; el eje 14 del impulsor 15 será soportado por los cojinetes mecánicos 18 colocados encima del techo del reactor 3. Se necesita una inercia mecánica alta para un paso gradual de circulación forzada a natural del núcleo 4 en el caso de que se interrumpa el suministro eléctrico de potencia a las bombas 6. La alta inercia mecánica del eje 14 evita tener que añadir volantes en el techo 3 del reactor 1, una zona repleta de numerosos componentes.

60 - El eje hueco 14 que se llena con el fluido primario 7 es especialmente ventajoso para reactores enfriados con un fluido primario de alta densidad 7, tal como plomo, porque proporciona simultáneamente un eje ligero e inercia mecánica más alta que un eje sólido de acero.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un conjunto de bomba/intercambiador de calor (5) para un reactor nuclear (1), en particular un reactor nuclear refrigerado por metal líquido, incluyendo una bomba (6) y un intercambiador de calor (8), teniendo la bomba (6) un impulsor (15) y un eje (14) para mover el impulsor (15) y que está insertada en una envuelta interna (9) dentro del intercambiador de calor (8); **caracterizándose** el conjunto de bomba/intercambiador de calor (5) porque el eje (14) del impulsor (15) tiene una sección transversal más pequeña en una parte inferior del haz de tubos (20) del intercambiador de calor (8) y una sección transversal que aumenta gradualmente hasta una sección transversal más ancha en una parte superior del haz de tubos (20) del intercambiador de calor (8).
- 10 2. Un conjunto de bomba/intercambiador de calor según la reivindicación 1, donde dicho eje (14) tiene un perfil axial de forma análoga a un paraboloides de rotación mirando al haz de tubos (20) del intercambiador de calor (8).
- 15 3. Un conjunto de bomba/intercambiador de calor según la reivindicación 1 o 2, donde el eje (14) es macizo y está hecho totalmente de un material estructural.
- 20 4. Un conjunto de bomba/intercambiador de calor según la reivindicación 1 o 2, donde el eje (14) es hueco y está dispuesto axialmente en su propio eje de rotación con un primer conducto (21) en una parte inferior y un segundo conducto (24) en una parte superior, para poner en comunicación hidráulica, en el uso, la cavidad (23) con una manta de gas del reactor (1) en la parte superior y con el refrigerante primario (7) en la parte inferior.
- 25 5. Un conjunto de bomba/intercambiador de calor según la reivindicación 4, donde el eje (14) tiene una cavidad interior (23) provista de chapas metálicas en disposición en cruz (26) integrales con el eje (14).
6. Un reactor nuclear (1), en particular un reactor nuclear refrigerado por metal líquido, **caracterizado por** incluir por lo menos un conjunto de bomba/intercambiador de calor (5) según una de las reivindicaciones precedentes.

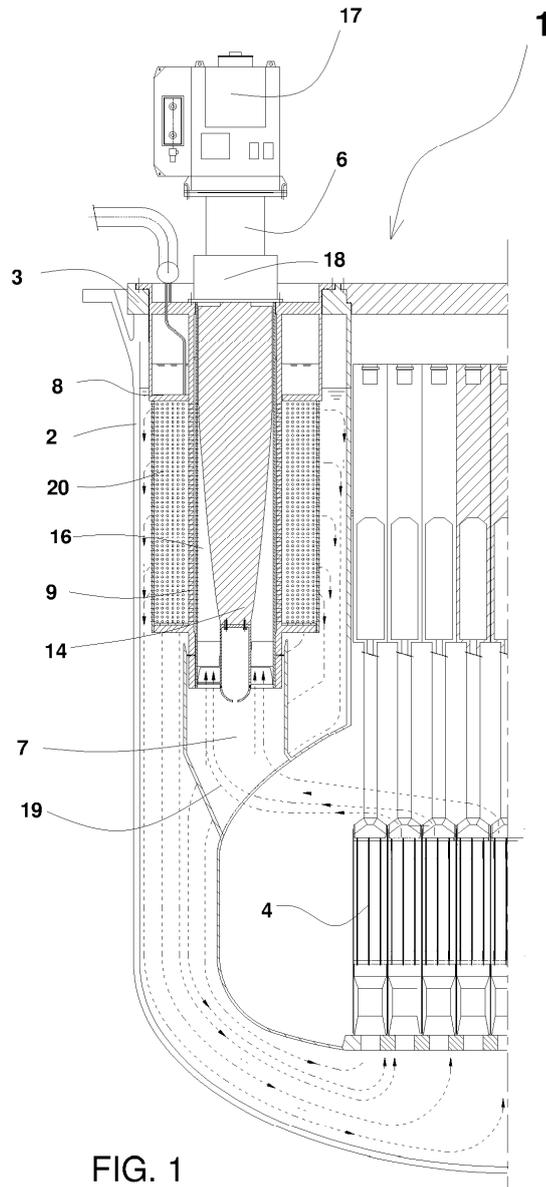


FIG. 1

