

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 583**

51 Int. Cl.:

F27B 14/08 (2006.01)

G21D 1/00 (2006.01)

G21F 9/00 (2006.01)

F27B 14/04 (2006.01)

G21F 9/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.01.2014 PCT/EP2014/050812**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.07.2014 WO14111474**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.01.2014 E 14701015 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017 EP 2946160**

54 Título: **Dispositivo de fusión para consolidar chatarra contaminada**

30 Prioridad:

17.01.2013 DE 102013100463

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

09.04.2018

73 Titular/es:

**ALD VACUUM TECHNOLOGIES GMBH (100.0%)
Otto-von-Guericke-Platz 1
63457 Hanau , DE**

72 Inventor/es:

**FRANZ, HENRIK;
GROSSE, KARL-HEINZ;
HOLZ, MARKUS y
PROTZMANN, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 662 583 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

Dispositivo de fusión para consolidar chatarra contaminada

Esta invención se refiere a un dispositivo de fusión para consolidar chatarra contaminada, así como a un procedimiento de consolidación que se puede implementar utilizando el dispositivo de fusión.

5 En el desmantelamiento de instalaciones nucleares, como centrales nucleares, centros de investigación, instalaciones de enriquecimiento de uranio e instalaciones de reprocesamiento se produce chatarra contaminada que se clasifica, por ejemplo, en la categoría de "residuos de baja radiactividad". Esta puede descontaminarse, dado el caso, mediante el proceso de refusión, y devolverse de nuevo al circuito normal de material. Puede presentarse también chatarra contaminada con actividad media-alta y también chatarra de alta radiactividad. Esta chatarra ya no se puede devolver al circuito normal de material y debe desecharse en un cementerio radiactivo. Para que los costes de cementerio radiactivo se mantengan lo más bajos posible es necesario consolidar el volumen de la chatarra que se produce fundiéndola en un bloque macizo. La presente invención describe un dispositivo de fusión orientado especialmente a este objetivo y el procedimiento correspondiente.

15 Al desmantelar instalaciones nucleares se deben desechar en un cementerio radiactivo dispositivos de proceso como, por ejemplo, recipientes, tuberías, accesorios, aparatos de medición, bastidores de almacenamiento, revestimientos, pero también elementos estructurales metálicos, como plataformas, andamiajes, escaleras, etc. que se encuentren en zonas contaminadas o que hayan entrado en contacto con medios radiactivos. Estos componentes se cortan en pedazos con medidas adecuadas durante el desmantelamiento y se presentan, a este respecto, como una mezcla de piezas de chatarra y virutas. El material no está separado por tipos en todos los casos, sino que es una mezcla de diferentes calidades como, por ejemplo, acero al carbono, acero inoxidable, cobre, latón, aluminio, magnesio, cadmio y otros. Al almacenar material no consolidado quedarían muchas cavidades que aumentarían sustancialmente el volumen de cementerio radiactivo y, con ello, los costes. Además, tales depósitos de chatarra ofrecen una superficie muy grande de la que podrían transferirse o liberarse radionúclidos.

25 En la actualidad se conocen dispositivos de fusión para fundir la chatarra de instalaciones nucleares, dispositivos de fusión que están realizados como hornos de inducción al aire libre en los que la fusión líquida se vierte en lingoteras. Los inventores del dispositivo de fusión de acuerdo con la invención han identificado en las soluciones del estado de la técnica, entre otras, las siguientes limitaciones:

- Los gases de escape de las instalaciones se emiten al espacio y deben desecharse mediante una costosa instalación de limpieza de gases de escape.
- 30 • Los crisoles de fusión de estas instalaciones están fabricados de cerámica refractaria, están sujetos, por carga tanto térmica como mecánica, a un desgaste y se deben romper después de una campaña de fusión. En este proceso se destruyen los crisoles de cerámica y se trituran en piezas residuales definidas. A este respecto, adicionalmente se producen grandes cantidades de residuos contaminantes y polvo como residuo secundario.
- La zona de control nuclear de estas instalaciones es relativamente grande.
- 35 • En el caso de las instalaciones conocidas se trata de instalaciones fijas a las que se debe transportar la chatarra contaminada radiactivamente.
- No se puede fundir chatarra que contenga metales reactivos como, por ejemplo, el magnesio.
- Se pueden fundir, solo de forma restringida, componentes de chatarra que generen gases peligrosos para la salud como, por ejemplo, el cadmio.
- 40 • No se pueden retener isótopos radiactivos volátiles.
- El desmantelamiento de tales instalaciones es muy costoso.

45 Las instalaciones de fusión conocidas hasta ahora están todas agregadas a centros de eliminación de residuos, en los que están instaladas grandes zonas de control. Esto da como resultado que se deba transportar material contaminado del lugar de desmantelamiento al centro de eliminación de residuos, por lo que se produce un incremento de los costes para un gran volumen de transporte de material nuclear.

El documento DE 34 04 106 A1 describe un procedimiento para la recuperación de componentes metálicos de centrales nucleares. Se describe un crisol que se incorpora al horno de fusión. El horno de fusión comprende una cámara de horno con fondo de cámara de horno. El horno, sin embargo, no está sellado herméticamente. Más bien,

con ayuda de una campana de aspiración, se aspira una parte del gas de escape que se forma. Este horno de fusión puede, así, accionarse solo en una gran zona de seguridad que dispone de dispositivos los cuales impiden la contaminación del entorno. Con ello la instalación descrita en él no se puede emplear como instalación móvil.

5 El documento DE 33 31 383 A1 describe una instalación para la recuperación de componentes metálicos de centrales nucleares. Se debe accionar la instalación en una sala con presión inferior. Así, la instalación ni está sellada herméticamente ni es transportable.

10 El documento FR2447592 desvela un dispositivo de fusión y un procedimiento para llenar de material radiactivo sólido un recipiente apto para el almacenamiento. Así se conocen numerosos dispositivos de fusión por el estado de la técnica. Es común a todos el hecho de que los dispositivos de fusión no son transportables o solo lo son con un gran esfuerzo. Por lo tanto, la chatarra que se debe procesar ha debido transportarse siempre al dispositivo de fusión. Los transportes de material radiactivo, sin embargo, son arriesgados y se encuentran frecuentemente con la oposición de la población.

El objetivo de esta invención es facilitar un dispositivo de fusión para la reducción de volumen de material contaminado radiactivamente que haga posible reducir significativamente el transporte de material radiactivo.

15 El objetivo se resuelve mediante los objetos de las reivindicaciones 1-12. La presente invención hace posible un procedimiento mejorado, facilitándose un innovador dispositivo de fusión móvil y un procedimiento como el que está definido en las reivindicaciones. La invención facilita una instalación y un procedimiento que es adecuado para obtener una reducción de volumen de tal material contaminado radiactivamente, como el que se produce en el desmantelamiento de instalaciones nucleares (en adelante, "material que se debe fundir"). La instalación se puede
20 accionar de forma económica y no ocasiona ningún riesgo para las personas ni para el medio ambiente durante el funcionamiento.

25 El dispositivo de fusión de acuerdo con la invención es un dispositivo de fusión móvil con una base de crisol y una cámara de crisol que es adecuada para el alojamiento del crisol. La base de crisol comprende un fondo de cámara y la cámara de crisol comprende un recubrimiento. El dispositivo de fusión presenta un dispositivo de transporte que es adecuado para mover la base de crisol con el crisol de una primera posición fuera de la cámara de crisol a una segunda posición dentro de la cámara de crisol (también, posición de fusión). El fondo de cámara y el recubrimiento están configurados de forma que en la segunda posición configuren juntos una carcasa de horno estanca a gas.

30 El crisol puede moverse, así, de un lugar fuera de la cámara de crisol a un lugar dentro de la cámara de crisol y viceversa. El dispositivo de transporte está dispuesto, durante el funcionamiento, preferentemente debajo de la cámara de crisol, de forma que el crisol se pueda levantar, mediante el dispositivo de transporte, hacia arriba hacia la cámara de crisol. El dispositivo de transporte puede ser una mesa elevadora hidráulica. Como alternativa se puede emplear una mesa elevadora que funcione con husillos de tracción o cilindros hidráulicos y una guía de carril.

35 El crisol está dispuesto preferentemente en la base de crisol. El crisol consta preferentemente de un material resistente al calor, especialmente de cerámica, grafito, grafito arcilla o mezclas de estos. El crisol presenta preferentemente una forma cilíndrica, estando delimitada la superficie curva del cilindro por una pared de crisol y la superficie de base por un fondo de crisol. El crisol puede moverse de la segunda posición a la primera posición utilizando el dispositivo de transporte. Con ello, por una parte, el crisol y la base de crisol son accesibles para fines de mantenimiento y, por otra parte, se facilita la retirada del crisol con su contenido. El crisol puede así retirarse de la cámara de crisol y se puede introducir otro crisol en la cámara de crisol. Así es posible un alto aprovechamiento de
40 la instalación sin que se deba esperar períodos largos de enfriamiento. El crisol es, así, preferentemente, un crisol intercambiable. A causa de la pared de crisol, relativamente fina, y del fondo de crisol, relativamente fino, que son reforzados durante el funcionamiento preferentemente por elementos de apoyo o una placa de fondo, el crisol es relativamente fácil de manipular. En caso de un crisol defectuoso este se puede desechar sin que se produzcan grandes cantidades de desechos adicionales.

45 Un componente de la base de crisol es preferentemente una placa de fondo en la cual se puede disponer el crisol. La placa de fondo refuerza el crisol. Con ello se sostiene el fondo de crisol sin que el crisol se vuelva, con ello, más pesado. La placa de fondo es preferentemente más gruesa que el fondo de crisol para garantizar una estabilidad suficiente. En formas de realización preferidas la placa de fondo es más del doble de gruesa que el fondo de crisol. La placa de fondo consta preferentemente de un material resistente al calor, especialmente de cerámica.

50 La base de crisol comprende preferentemente una cuba colectora. La cuba colectora sirve para recoger fusión que se sale si el crisol se deteriora. Con la salida de la fusión como consecuencia de un desperfecto de crisol, la fusión se encuentra en la cuba colectora en la base transportable de crisol y sale mediante el dispositivo de transporte. Con ello se puede seguir accionando el dispositivo de fusión sin gastos de mantenimiento. Solo se debe tratar la base de crisol. La cuba colectora consta preferentemente de material refractario.

El recubrimiento representa preferentemente el recubrimiento exterior de la cámara de crisol. El recubrimiento contribuye a que la carcasa de horno sea estanca a gas. Con este fin, el recubrimiento es un recubrimiento cerrado. No obstante, comprende al menos una abertura para introducir el crisol, y preferentemente al menos una abertura de cámara para poder recargar material que se debe fundir. Además puede comprender una o varias aberturas para el paso de conducciones para el dispositivo de calentamiento. Además puede comprender una abertura que permita la conexión a un dispositivo de aspiración. El recubrimiento consta preferentemente de metal, especialmente acero.

El fondo de cámara está configurado de forma que configura, conjuntamente con el recubrimiento, una carcasa de horno estanca a gas. Está fabricado preferentemente del mismo material que el recubrimiento. El fondo de cámara cierra la base de crisol preferentemente hacia abajo. Los componentes restantes de la base de crisol, especialmente placa de fondo y cuba colectora, se encuentran dentro del fondo de cámara, así, en el lado que está dirigido a la cámara de crisol en la posición de fusión. En el punto en el que fondo de cámara y recubrimiento se encuentran uno sobre otro, está dispuesto preferentemente al menos un elemento de estanqueidad. El elemento de estanqueidad hermetiza la carcasa de horno. Es preferentemente un sello de labio de un material elástico de goma.

La cámara de crisol está conformada de forma que puede alojar el crisol. El crisol es estabilizado entonces, preferentemente durante la fusión, por elementos de apoyo dispuestos en la cámara de crisol. Los elementos de apoyo están configurados de forma que descargan la pared de crisol contra la presión hidrostática de la fusión cuando el crisol se encuentra dentro de la cámara de crisol. Los elementos de apoyo se encuentran en la posición de fusión, así, entre crisol y recubrimiento. Los elementos de apoyo forman, preferentemente, con la placa de fondo, una superficie de contacto común. Los elementos de apoyo son especialmente resistentes para resistir las grandes cargas durante el proceso de fusión. Los elementos de apoyo están configurados preferentemente de forma que se pueden quitar cuando el crisol se deba retirar de la posición de fusión. La forma de los elementos de apoyo está, así, adaptada a la forma de la pared de crisol.

El dispositivo de fusión presenta además un dispositivo de calentamiento que es adecuado para calentar el material que se encuentra en el crisol. El dispositivo de calentamiento es especialmente un componente de la cámara de crisol. El dispositivo de calentamiento es preferentemente un dispositivo de calentamiento por inducción y/o una calefacción por resistencia. El dispositivo de calentamiento es preferentemente un componente de la cámara de crisol. El dispositivo de calentamiento está dispuesto preferentemente con una distancia mínima respecto al crisol para que también en casos en los que se salga fusión no se deba temer ningún contacto entre dispositivo de calentamiento y fusión. En una forma de realización el dispositivo de calentamiento es una calefacción por inducción. Esta presenta la ventaja de que el material que se debe consolidar se puede calentar muy rápidamente porque el calor se genera directamente en el crisol. En otra forma de realización el dispositivo de calentamiento es una calefacción por resistencia. Esta presenta la ventaja de que no se debe emplear agua de refrigeración de ningún tipo cerca de la fusión. Esto minimiza el peligro de una explosión de vapor de agua. El dispositivo de calentamiento se encuentra preferentemente en esencia dentro del recubrimiento, excepto las conducciones al dispositivo de calentamiento.

Además el dispositivo de fusión de acuerdo con la invención presenta preferentemente un dispositivo de carga que es adecuado para llenar el crisol con la chatarra que se debe consolidar. El dispositivo de carga está dispuesto durante el funcionamiento preferentemente encima de la cámara de crisol, de forma que el material que se debe fundir se pueda suministrar desde arriba a la cámara de crisol y, con ello, al crisol. Este proceso se puede efectuar a distancia, de forma que se evitan riesgos de contaminación. Para que el crisol se pueda llenar en la posición de fusión, el recubrimiento de la cámara de crisol presenta preferentemente una abertura de cámara. La abertura de cámara está dispuesta preferentemente en la zona superior del recubrimiento. La abertura de cámara se puede cerrar con un elemento de cierre discrecional, como una tapa. Preferentemente está dispuesta sobre la abertura de cámara una esclusa que también es parte de la cámara de crisol.

La esclusa está cerrada preferentemente de forma hermética. Con ello se puede suministrar al crisol el material que se debe consolidar sin que, a este respecto, se puedan escapar partículas de polvo y vapores al ambiente. La esclusa es parte de la cámara de crisol. El llenado del crisol a través de la esclusa se efectúa cuando el crisol se encuentra en la posición de fusión y, así, el recubrimiento y el fondo de cámara forman conjuntamente una carcasa de horno estanca a gas. Con ello y a través de la esclusa sellada herméticamente se puede suministrar material que se debe fundir al crisol sin que el entorno se contamine. La esclusa está dispuesta entonces entre la carcasa de horno estanca a gas y el dispositivo de carga.

El dispositivo de carga puede comprender, por ejemplo, una grúa que puede balancear una cesta de carga en una zona encima de la abertura de cámara. En ella se puede hundir la cesta de carga, de forma que el material que se debe fundir llegue al interior del crisol a través de la abertura de cámara. Sin embargo, son concebibles también otros dispositivos de carga. Especialmente es concebible un carro de carga móvil que se pueda mover, preferentemente en carriles, de una posición a una posición de alojamiento por la abertura de cámara. El carro de carga puede disponer de un sistema de tracción por cable, de forma que se pueda tirar hacia arriba de una cesta de carga en la posición de alojamiento, por ejemplo, de un lugar a nivel de fondo junto al dispositivo de transporte y se pueda efectuar el llenado del crisol por la abertura de cámara en una posición. Carro de carga, carriles y sistema de

tracción por cable son, así, parte del dispositivo de carga.

5 El carro de carga está provisto preferentemente de una carcasa en la que se puede introducir la cesta de carga. Con ello también el carro de carga puede estar sellado herméticamente. La carcasa del carro de carga puede estar configurada de forma que se cierre con el extremo superior de la esclusa de forma que durante el suministro del material que se debe fundir a la esclusa no se puedan escapar partículas de polvo ni vapores.

El dispositivo de fusión de acuerdo con la invención comprende preferentemente una instalación de limpieza de gases de escape. Esta puede estar conectada con la cámara de crisol por un elemento de conexión, por ejemplo, un tubo. La instalación de limpieza de gases de escape puede ser una parte del módulo de cámara o también el módulo de alimentación existente dado el caso. No obstante, puede estar dispuesta también de forma separada.

10 Preferentemente el dispositivo de fusión comprende una bomba de vacío que es adecuada para evacuar la carcasa de horno estanca a gas. La bomba de vacío puede estar conectada con la cámara de crisol por un elemento de conexión, por ejemplo, un tubo. En una forma de realización, detrás de la bomba de vacío se encuentra una instalación de limpieza de gases de escape. El gas de escape puede ser conducido por la instalación de limpieza de gases de escape a un sistema de eliminación de gases de escape, el cual ya está presente habitualmente en instalaciones nucleares.

15 Un dispositivo de fusión preferido de acuerdo con la invención es una instalación de horno estacionaria en la que el crisol puede introducirse desde abajo sobre la base de crisol y bloquearse. Además, preferentemente existe un dispositivo de carga que funciona con una esclusa sellada herméticamente. Con ello, unido con una supervisión por cámara del espacio de fusión se hace posible una utilización a distancia completa del dispositivo de fusión.

20 El dispositivo de fusión de acuerdo con la invención está realizado como instalación móvil que se puede montar temporalmente en el lugar en el que, por ejemplo, se reconstruye una instalación nuclear, en un edificio ya existente con zona de control nuclear. Sistemas auxiliares para el accionamiento del dispositivo de fusión pueden encontrarse en contenedores que se pueden ubicar fuera de la zona de control. Tales sistemas auxiliares son, por ejemplo, el suministro de corriente de fusión, la distribución de agua de refrigeración, el suministro de gas de proceso y la

25 aparatación eléctrica con el panel de control.

Después de la conclusión de las actividades, este dispositivo de fusión de acuerdo con la invención puede desmontarse de nuevo y transportarse a otro lugar de utilización, ya que preferentemente está estructurado de forma modular.

30 A este respecto, "estructura modular" significa que el dispositivo de fusión se puede desarmar fácilmente en partes o elementos que se pueden transportar bien respectivamente de forma aislada. La construcción del dispositivo de fusión tiene en consideración la necesidad de una instalación transportable también porque se puede llevar en un estado en el cual las partes del dispositivo de fusión que puedan entrar en contacto con material radiactivo estén encapsuladas. A este respecto, sistemas auxiliares necesarios se encuentran ya en contenedores de transporte adecuados y los módulos del dispositivo de fusión se pueden incorporar fácilmente a un contenedor de transporte.

35 Con ello se evita con seguridad una contaminación de personas y medio ambiente durante el transporte. Dispositivos de fusión del estado de la técnica no se pueden desarmar con un gasto justificable. Además, durante su desmontaje existiría un gran riesgo de contaminación para los trabajadores encargados del desmontaje.

40 El dispositivo de fusión de acuerdo con la invención presenta así preferentemente varios módulos. Estos son preferentemente, al menos, un módulo de cámara, un módulo de carga y un módulo de transporte. En los módulos están englobados respectivamente algunos componentes de forma que cada módulo por sí solo se pueda transportar bien.

45 Preferentemente el dispositivo de fusión presenta así al menos un módulo de cámara. El módulo de cámara es el módulo más importante, ya que en él se desarrolla el verdadero proceso de fusión. El módulo de cámara comprende la cámara de crisol. El módulo de carga comprende al menos el dispositivo de carga. El módulo de transporte comprende al menos el dispositivo de transporte.

50 La base de crisol no es un componente de los módulos mencionados, sino que se transporta por separado. El dispositivo de fusión de acuerdo con la invención puede accionarse con varias bases de crisol diferentes. Así, después de un proceso de fusión, puede retirarse una base de crisol, con el crisol que se encuentra sobre ella, de la cámara de crisol y, justo después, introducirse otra base de crisol con otro crisol en la cámara de crisol. Esto hace posible una dirección de procedimiento especialmente rentable.

El módulo de transporte puede estar configurado para la optimización del desarrollo de proceso también de forma que el dispositivo de transporte se pueda desplazar en un sistema de carriles. Así una forma de realización está configurada preferentemente de forma que una base de crisol se pueda cargar con un crisol en una posición de

carga, se mueva entonces a la primera posición debajo de la cámara de crisol, se eleve entonces a la posición de fusión, después de la fusión se vuelva a hundir a la primera posición y se lleve finalmente a una posición de descarga. Esto presenta la ventaja de que ya durante la fusión en un primer crisol puede tener lugar la carga de un segundo crisol en la posición de carga. En cuanto el contenido del primer crisol está fundido y la primera base de crisol se ha desplazado con el primer crisol a la posición de descarga, la segunda base de crisol se lleva con el segundo crisol a la posición de fusión. Así se pueden utilizar simultáneamente dos bases de crisol.

Después del transporte del dispositivo de fusión los módulos se pueden volver a conectar fácilmente unos con otros para montar el dispositivo de fusión. A este respecto, preferentemente el módulo de transporte está dispuesto bajo el módulo de cámara. El módulo de carga se dispone preferentemente encima del módulo de cámara. Para que los módulos se puedan transportar bien estos están provistos preferentemente de elementos de apoyo. Los elementos de apoyo refuerzan los módulos y aseguran los componentes aislados dentro de un módulo contra deterioro durante el transporte. Los elementos de apoyo pueden ser, por ejemplo, soportes de acero.

El tamaño de los módulos aislados está elegido preferentemente de forma que se puedan transportar bien. Antes del transporte se separa, por ejemplo, el módulo de cámara del módulo de transporte y, dado el caso, del módulo de carga y se carga de forma aislada. Preferentemente los módulos están diseñados de forma que se pueden cargar bien en camiones o vagones de tren. Formas de realización preferidas se refieren a módulos que están calculados de forma que se puedan cargar en contenedores estándar de 20 pies o en contenedores estándar de 40 pies. Esto significa que los módulos no miden, preferentemente, de forma respectiva, más de 5,71 m de largo, más de 2,352 m de ancho ni más de 2,385 m de alto. La masa de los módulos no debe sobrepasar, preferentemente, un valor de, respectivamente, 20000 kg; preferentemente, 10000 kg; y, de forma especialmente preferente, 5000 kg.

El procedimiento de acuerdo con la invención prevé los siguientes pasos:

- a. llenar el crisol con el material que se debe fundir,
- b. calentar el material que se debe fundir dentro del crisol,
- c. opcionalmente, recargar otra porción de material que se debe fundir en el crisol,
- d. dejar que se endurezca el material fundido en el crisol en un bloque.

El llenado del crisol puede efectuarse con ayuda de un dispositivo de carga que está dispuesto preferentemente encima de la cámara de crisol. Como alternativa el crisol se puede llenar también fuera de la cámara de crisol al menos en parte. Entonces el crisol se lleva con el material que se debe fundir a la cámara de crisol. Después de que se haya fundido esta primera porción, utilizando el dispositivo de carga se pueden recargar una o varias porciones más. Así se puede aprovechar de forma óptima el volumen de crisol. Siempre que sea necesario el dispositivo de fusión se monta antes del llenado del crisol. El primer llenado puede efectuarse, así, fuera de la posición de fusión (así, fuera de la cámara de crisol), por ejemplo, en una posición de carga en un depósito de chatarra. En este sentido es concebible también el llenado del crisol con un barril de hojalata en el que se encuentra el material que se debe fundir. Con ello se puede evitar un deterioro del crisol. Finalmente el barril de hojalata se funde junto con el material que se debe fundir.

Durante el llenado utilizando el dispositivo de carga el material que se debe fundir se echa, así, por una abertura de cámara en el crisol que se encuentra en la carcasa de horno estanca a gas, por ejemplo, mediante una cesta de carga. Con este fin se puede hundir la cesta de carga y se puede introducir entonces su contenido en el crisol. El crisol puede incluir ya en el momento material fundido. La abertura de cámara puede estar configurada como esclusa.

Dependiendo de la dirección de procedimiento el crisol puede incluir ya chatarra que se debe consolidar cuando se introduce en la cámara de crisol. Con el dispositivo de carga se puede recargar entonces más material que se debe fundir para conseguir un grado más alto de llenado del crisol. El procedimiento de acuerdo con la invención prevé preferentemente el paso de la recarga de material que se debe fundir después de que se haya fundido ya una primera porción de material que se debe fundir en el crisol. Mediante la fusión se reduce el volumen del material, de forma que el crisol ofrece espacio para otra porción de material que se debe consolidar.

El material que se debe fundir se calienta, preferentemente, a temperaturas de al menos 1000°C; de forma más preferente, de al menos 1350°C; y de forma especialmente preferente, de al menos de 1500°C. Evidentemente la temperatura elegida depende del material que se debe fundir. Después del calentamiento el material que se debe fundir se mantiene durante un cierto tiempo a alta temperatura para que el material se funda de la forma más completa posible. El proceso de fusión, que empieza con el calentamiento y finaliza justo antes de dejar que el material se endurezca, dura, preferentemente, al menos 4 horas; de forma más preferente, al menos 6 horas. Si se elige un período de tiempo demasiado corto tal vez la fusión no sea completa. Además se debería evitar un

calentamiento demasiado rápido, ya que con él pueden producirse sobrecalentamientos locales en el crisol o junto a él que someterían el crisol a grandes esfuerzos. Además, con ello se puede provocar una convección demasiado fuerte que también aumentaría la erosión de crisol. Así disminuiría la vida útil del crisol.

5 No obstante ha resultado que no se debe sobrepasar una duración de fusión de 16 horas, especialmente, de 10 horas, ya que entonces la fusión habitualmente es completa y siempre es ventajosa una duración de fusión más corta por los costes más bajos. También cuando se encuentran en el material que se debe fundir partes con un alto punto de fusión que todavía no se funden a las temperaturas mencionadas, a pesar de ello, daría como resultado un relleno de las cavidades en el material mediante material con punto de fusión más bajo.

10 La fusión del material que se debe fundir se efectúa dentro del crisol cuando este se encuentra en la posición de fusión, así, dentro de la carcasa de horno estanca a gas. En esta posición el dispositivo de fusión está construido de forma que la cámara de crisol y la base de crisol configuran una carcasa de horno estanca a gas mediante el recubrimiento y el fondo de cámara. Con ello la fusión se puede implementar en vacío o en una atmósfera de gas protector, impidiéndose una oxidación del material que se debe fundir. Con ello se puede consolidar incluso chatarra metálica reactiva que contenga, por ejemplo, magnesio o cadmio. También se forman menos productos volátiles.

15 Antes de que se retire el crisol se aspira preferentemente el gas protector y, dado el caso, productos secundarios de la fusión contenidos en él y se lo somete preferentemente a una limpieza de gas de escape. La limpieza de gas de escape se puede implementar con ayuda de una instalación de limpieza de gas de escape, en cuyo caso se puede tratar de una trampa de condensación. También son concebibles otros métodos de limpieza, por ejemplo, un filtrado, especialmente utilizando filtros HEPA.

20 Contaminaciones del material que se debe fundir se pueden retirar mediante pretratamiento térmico en vacío en el crisol. A este respecto se trata, por ejemplo, de humedad, disolventes, barnices, aceites, grasas y/o plásticos.

El proceso se realiza preferentemente, según exigencias específicas de material, en vacío o con gas protector. Con ello se consigue que componentes reactivos del material que se debe fundir no formen explosiones u óxidos volátiles, lo que no se puede excluir cuando se trabaja bajo en condiciones atmosféricas normales.

25 Durante el proceso de fusión la abertura de cámara está cerrada preferentemente con un elemento de cierre. El elemento de cierre puede ser parte de una esclusa que hace posible echar el material que se debe fundir en el crisol sin que el contenido de crisol pueda contaminar el entorno. Esta medida contribuye a que la zona de seguridad se pueda mantener muy pequeña en torno al dispositivo de fusión. Además, durante el funcionamiento se puede recargar material que se debe fundir cuando, a causa de la consolidación de una primera porción de chatarra, se ha efectuado una contracción de volumen. Con ello en la propia carcasa de horno se conserva el vacío o una atmósfera de gas protector durante la recarga.

35 Se deja que el material fundido se endurezca preferentemente mientras el crisol se encuentra dentro de la carcasa de horno. A este respecto, el material ya se enfría al menos parcialmente y forma un bloque. No es necesario que el bloque se enfríe en esta posición a temperatura ambiente. Es suficiente que se enfríe hasta que se pueda retirar sin peligro. El enfriamiento a temperatura ambiente tiene lugar así preferentemente en otro lugar, por ejemplo, en la posición de descarga mencionada anteriormente. Mientras tanto ya se puede introducir en la cámara de crisol otro crisol, dado en caso, sobre otra base de crisol.

40 El bloque puede retirarse del crisol o desecharse junto con el crisol. Antes de una retirada del bloque del crisol el crisol se mueve con ayuda del dispositivo de transporte de la segunda posición a la primera posición fuera de la cámara de crisol. Preferentemente el crisol se hunde de la segunda posición a la primera posición. Esto significa que el crisol se retira de la cámara de crisol en un movimiento descendente. El crisol se puede retirar así de la zona debajo de la cámara de crisol. Esto puede efectuarse por medio del dispositivo de transporte o utilizando otro dispositivo de transporte separado. En una forma de realización especial el dispositivo de transporte se puede desplazar con base de crisol y crisol dispuestos sobre él, preferentemente en carriles. Como el crisol se retira de la zona debajo de la cámara de crisol se puede introducir otro crisol en la cámara de crisol. De esta manera es posible utilizar el calor residual en la cámara de crisol y aprovechar bien el dispositivo de fusión. Durante el enfriamiento en la posición de descarga, la retirada de bloque y la recarga, en la posición de carga se puede implementar ya con otro crisol un nuevo proceso de fusión.

50 Además, el dispositivo de fusión presenta la ventaja de que en el caso de un fallo de crisol la fusión puede fluir hacia una cuba colectora que se encuentra en la base de crisol. En esta se puede endurecer la fusión. La base de crisol se puede retirar así, con el crisol defectuoso, de la cámara de crisol y se puede continuar con el proceso de consolidación con otro crisol en otra base de crisol.

Durante el proceso de fusión existe dentro de la cámara una atmósfera que está en esencia desoxigenada. Esto significa que la presión parcial de oxígeno en ella es inferior a 10 kPa; de forma más preferente, inferior a 1 kPa.

Esto se puede conseguir o mediante un vacío o mediante una atmósfera de gas protector en el crisol. Un gas protector preferido es el nitrógeno, ya que suprime eficazmente la formación de óxido volátil y es económico.

5 Como es posible un alto aprovechamiento por la utilización de crisoles intercambiables, el dispositivo de fusión puede, con el mismo rendimiento, ser de dimensiones más pequeñas que en el caso de otras instalaciones. A su vez esto facilita el transporte. Además el crisol y, con él, todo el dispositivo de fusión se pueden construir fácilmente, ya que después de cada repetición de fusión es posible una comprobación del crisol. En dispositivos de fusión convencionales los crisoles se han realizado extremadamente robustos, ya que se han utilizado parcialmente en funcionamiento continuo, que no permite ninguna comprobación durante el proceso.

10 Después de finalizar el proceso de fusión el material fundido se puede endurecer en el crisol, de forma que forme un bloque que, en comparación con el material de salida, no presente cavidades y, con ello, presente un grosor esencialmente mayor.

15 Después de enfriarse el bloque, preferentemente dentro del crisol, el bloque puede retirarse del crisol y trasladarse, por ejemplo, a un contenedor de residuos normalizado (por ejemplo, un barril de hojalata). Así, el crisol está configurado preferentemente de forma que se obtenga un bloque que quepa en un contenedor de residuos normalizado. El bloque es preferentemente un cuerpo cilíndrico con un diámetro de aproximadamente 400 a 600 mm y una altura de 800 a 1000 mm.

Crisoles que han llegado al final de su vida útil pueden facilitarse conjuntamente con el bloque endurecido en un contenedor de residuos, también normalizado, más grande para el almacenamiento final sin destrozar, a este respecto, el crisol.

20 La estanqueidad de la carcasa de horno y del dispositivo de carga puede verificarse con cada comiendo de una nueva fusión de consolidación, así, preferentemente antes del calentamiento, mediante una prueba corta de aumento de presión y garantizarse con ello. La carcasa de horno está sellada preferentemente de forma hermética. Esto significa que el aumento de presión con un vacío de 20 mbar durante una hora es inferior a 20 mbar. Lo mismo sirve preferentemente también para la esclusa y especialmente también para el dispositivo de carga.

25 El procedimiento de acuerdo con la invención se caracteriza además preferentemente porque los pasos que consisten en llenar, calentar, fundir, dado el caso, recargar y endurecer para llegar a un bloque para la carga de material que se debe fundir tiene lugar en un solo crisol intercambiable preferentemente en vacío y/o en atmósfera controlada. El bloque preferentemente metálico se puede utilizar en un momento posterior, dado el caso, después de otras modificaciones, para el almacenamiento final o el almacenamiento. Una característica de procedimiento de
30 acuerdo con la invención es que la fusión no se vierte fuera del crisol.

El dispositivo de fusión de acuerdo con la invención ofrece una serie de ventajas respecto a dispositivos de fusión convencionales:

- No se debe transportar por vías de circulación públicas chatarra nuclear no tratada, ya que el dispositivo de fusión móvil para el material que se debe consolidar se puede transportar.
- 35 • El bloque endurecido de material consolidado puede introducirse directamente en un contenedor de almacenamiento final y no se necesitan lingoteras adicionales.
- La fusión, la recarga y el endurecimiento del bloque se efectúan en una carcasa de horno cerrada herméticamente con exclusión de oxígeno en su mayor parte, por lo que se evita una liberación de vapores y partículas de polvo a la zona de control.
- 40 • Los vapores y las partículas de polvo se pueden contener en un sistema de limpieza de gases de escape.
- El dispositivo de fusión está realizado preferentemente de forma que en caso de un fallo de crisol, la fusión que sale se suministra de forma segura a una cuba colectora preferentemente no refrigerada sin que, a este respecto, haya riesgo de una explosión por vapor de agua o una contaminación del entorno.
- 45 • El material refractario del crisol no debe romperse, por lo que no existen residuos secundarios y se reduce correspondientemente la zona de control.
- La instalación utiliza una zona de control existente ya en el lugar, con lo cual no se producen costes de desmantelamiento adicionales.

Descripción de figuras

La siguiente descripción de figuras se refiere a una configuración preferida del dispositivo de fusión y sus componentes.

5 **La figura 1** muestra una vista cortada de la cámara de crisol (3) y del crisol (2) con la base de crisol (9) en la primera posición, es decir, el crisol (2) se encuentra fuera de la cámara de crisol (3). La base de crisol (9) está dispuesta debajo del crisol (2) y comprende una cuba colectora (6) que es adecuada para alojar material fundido cuando el crisol (2) deje de ser estanco. En la posición mostrada el crisol (2), la cámara de crisol (3) y la base de crisol (9) se pueden revisar.

10 El crisol (2) presenta una pared de crisol (11) y un fondo de crisol (12) que constan de un material refractario, especialmente de grafito, grafito arcilla o cerámica. La pared de crisol (11) y el fondo de crisol (12) están configurados comparativamente finos. Esto presenta la ventaja de que la masa del crisol (2) es inferior a la de crisoles habituales. Esto facilita la manipulación del crisol (2). El crisol consigue la estabilidad necesaria para resistir las altas cargas durante el funcionamiento especialmente mediante una placa de fondo (13) que está dispuesta debajo del fondo de crisol (12) y mediante elementos de apoyo (14) que son componentes de la cámara de crisol (3).
15 Los elementos de apoyo (14) se pueden retirar después de la fusión para poder hundir el crisol (2).

La cámara de crisol (3) presenta además un recubrimiento (15), el cual representa preferentemente el límite exterior de la cámara de crisol (3).

20 La base de crisol (9) comprende un fondo de cámara (16) que está configurado de forma que represente, junto con el recubrimiento (15) de la cámara de crisol (3), un espacio sellado herméticamente cuando la base de crisol (9) se encuentra en la segunda posición.

Para que se pueda conseguir el sellado hermético necesario, en el margen inferior del recubrimiento (15) y en el margen superior del fondo de cámara (16) están dispuestos elementos de estanqueidad (17) que sirven para formar una carcasa de horno estanca a gas cuando el fondo de cámara (16) cierra la cámara de crisol (3).

25 En la zona superior de la cámara de crisol (3) se encuentra una abertura de cámara (18) que es adecuada para llenar el crisol (2) de material que se debe fundir. La abertura de cámara (18) puede cerrarse con un elemento de cierre (19), el cual puede ser parte de una esclusa.

30 La **figura 2** también es una vista cortada y muestra cómo el fondo de cámara (16) configura, junto con el recubrimiento (15), una carcasa de horno estanca a gas (10) cuando el crisol (2) se ha llevado a la segunda posición (posición de fusión) utilizando el dispositivo de transporte (no mostrado). Los elementos de estanqueidad (17) proporcionan un sellado hermético de la carcasa de horno (10) estanca a gas. También el elemento de cierre (19) está configurado preferentemente estanco a gas.

35 Se debe observar que la placa de fondo (13) ha configurado superficies de contacto (20) comunes con los elementos de apoyo (14). Con ello se estabiliza el crisol (2) durante el procedimiento de consolidación. Si, a pesar de todo, se produjera un deterioro del crisol (2) que tuviera como consecuencia una salida de la fusión, la cuba colectora (6) recogería la fusión. La fusión estaría entonces encerrada de forma segura en la celda (10) estanca a gas, ya que con ello no se puede influir negativamente ni en el recubrimiento (15) ni en el fondo de cámara (16). En tal caso se podría esperar hasta que la fusión que sale estuviera endurecida en la cuba colectora (6) y se pudiera retirar de forma segura. Mientras la fusión que sale sigue enfriándose en la cuba colectora (6) se puede introducir ya otro crisol sobre otra base de crisol en la cámara de crisol (3) y se puede continuar con el procedimiento de consolidación.
40

45 La **figura 3** es una vista cortada que muestra el dispositivo de fusión (1) móvil de acuerdo con la invención. Es evidente que el dispositivo de fusión presenta una estructura modular. El módulo de cámara (21) está dispuesto encima de un módulo de transporte (22). Por el módulo de cámara (21) se muestra un módulo de carga (23). Los módulos están configurados de forma que en el caso de un desmontaje de la instalación puedan separarse uno de otro fácilmente y cargarse individualmente.

Se puede observar que el módulo de cámara (21) comprende, entre otras cosas, la cámara de crisol (3) con sus componentes. En esta ilustración está mostrado también un elemento de conexión (24) que conecta la cámara de crisol (3), por una parte, y una esclusa (25) con una instalación de limpieza de gases de escape y/o una bomba de vacío (no mostrada).

50 El módulo de base (22) comprende, por otra parte, el dispositivo de transporte (7), que en este caso es una mesa elevadora hidráulica. Se puede observar bien que los módulos aislados se estabilizan mediante elementos de soporte (26), que en este caso están realizados como soportes de acero. Con ello se confiere a los módulos de una forma y una estabilidad que simplifica el transporte y reduce también la complejidad de montaje del dispositivo de fusión.

55 También se muestra un módulo de carga (23), el cual está conectado con la cámara de crisol (3) por una esclusa (25). El módulo de carga (23) comprende el dispositivo de carga, que comprende un carro de carga, desplazable sobre carriles, con una carcasa.

La **figura 4** muestra el dispositivo de fusión móvil en estado listo para el transporte.

La **figura 5** muestra dos vistas de un dispositivo de fusión móvil montado con sistemas auxiliares.

Referencias

- (1) Dispositivo de fusión móvil
- (2) Crisol
- (3) Cámara de crisol
- 5 (4) Dispositivo de carga
- (5) Dispositivo de calentamiento
- (6) Cuba colectora
- (7) Dispositivo de transporte
- (8) Bloque
- 10 (9) Base de crisol
- (10) Carcasa de horno estanca a gas
- (11) Pared de crisol
- (12) Fondo de crisol
- (13) Placa de fondo
- 15 (14) Elemento de apoyo
- (15) Recubrimiento
- (16) Fondo de cámara
- (17) Elemento de estanqueidad
- (18) Abertura de cámara
- 20 (19) Elemento de cierre
- (20) Superficie de contacto
- (21) Módulo de cámara
- (22) Módulo de transporte
- (23) Módulo de carga
- 25 (24) Elemento de conexión
- (25) Esclusa
- (26) Elemento de soporte

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de fusión (1) móvil con una base de crisol (9) y una cámara de crisol (3) que es adecuada para el alojamiento de un crisol (2),
caracterizado por que
- 5 la base de crisol (9) comprende un fondo de cámara (16) y la cámara de crisol (3), un recubrimiento (15), comprendiendo el dispositivo además un dispositivo de transporte (7), el cual es adecuado para mover la base de crisol (9) con el crisol (2) de una primera posición a una segunda posición, encontrándose el crisol (2), en la primera posición, fuera de la cámara de crisol (3) y, en la segunda posición, dentro de la cámara de crisol (3),
 10 y estando configurados el fondo de cámara (16) y el recubrimiento (15) de forma que configuran, en la segunda posición, una carcasa de horno (10) estanca a gas, siendo el dispositivo de transporte (7) desplazable con base de crisol (9) y crisol (2) dispuestos sobre él, de forma que el crisol (2) se aleje de la zona situada debajo de la cámara de crisol (3) y se pueda introducir otro crisol (2) en la cámara de crisol (3),
 15 comprendiendo el dispositivo de fusión (1) un dispositivo de carga (4), el cual está dispuesto encima de la cámara de crisol (3), y estando dispuestos dentro de la cámara de crisol (3) elementos de apoyo (14) que estabilizan el crisol (2) durante la fusión.
2. Dispositivo de fusión (1) de acuerdo con la reivindicación 1, siendo el dispositivo de carga (4) estanco a gas.
3. Dispositivo de fusión (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, comprendiendo la cámara de crisol (3)
 20 un dispositivo de calentamiento que permite calentar el crisol (2).
4. Dispositivo de fusión (1) de acuerdo con la reivindicación 3, siendo el dispositivo de calentamiento un calentador por inducción.
5. Dispositivo de fusión (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4 con una cuba colectora (6) que está dispuesta debajo del crisol (2) en la base de crisol (9).
6. Dispositivo de fusión (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, estando estructurado el dispositivo de
 25 fusión de forma modular.
7. Procedimiento para consolidar un material en un dispositivo de fusión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, con los siguientes pasos:
- 30 a. llenar un crisol (2) con un material que se debe consolidar,
 b. calentar el material que se debe fundir dentro del crisol (2), de forma que se funda al menos una parte del material que se debe fundir,
 c. recargar el material que se debe fundir,
 d. dejar que se endurezca el material fundido en el crisol (2) en un bloque (8).
8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, existiendo en la cámara de crisol (3) una atmósfera no oxidante
 35 durante el calentamiento.
9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, estando dispuesto el crisol (2), durante los pasos de procedimiento que consisten en calentar, fundir, recargar y dejar endurecer el material, dentro de la cámara de crisol (3).
10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 9, retirándose el crisol (2) de la cámara de crisol
 40 (3) y enfriándose después del paso que consiste en dejar endurecer el material e introduciéndose durante el enfriado otro crisol en la cámara de crisol (3).
11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 10, siendo la presión parcial de oxígeno dentro de la cámara de crisol (3) inferior a 10 kPa durante el proceso de fusión.
12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 11, implementándose los pasos que consisten en
 45 llenar, calentar, fundir y, dado el caso, recargar el material en un solo crisol en vacío y/o con atmósfera controlada.

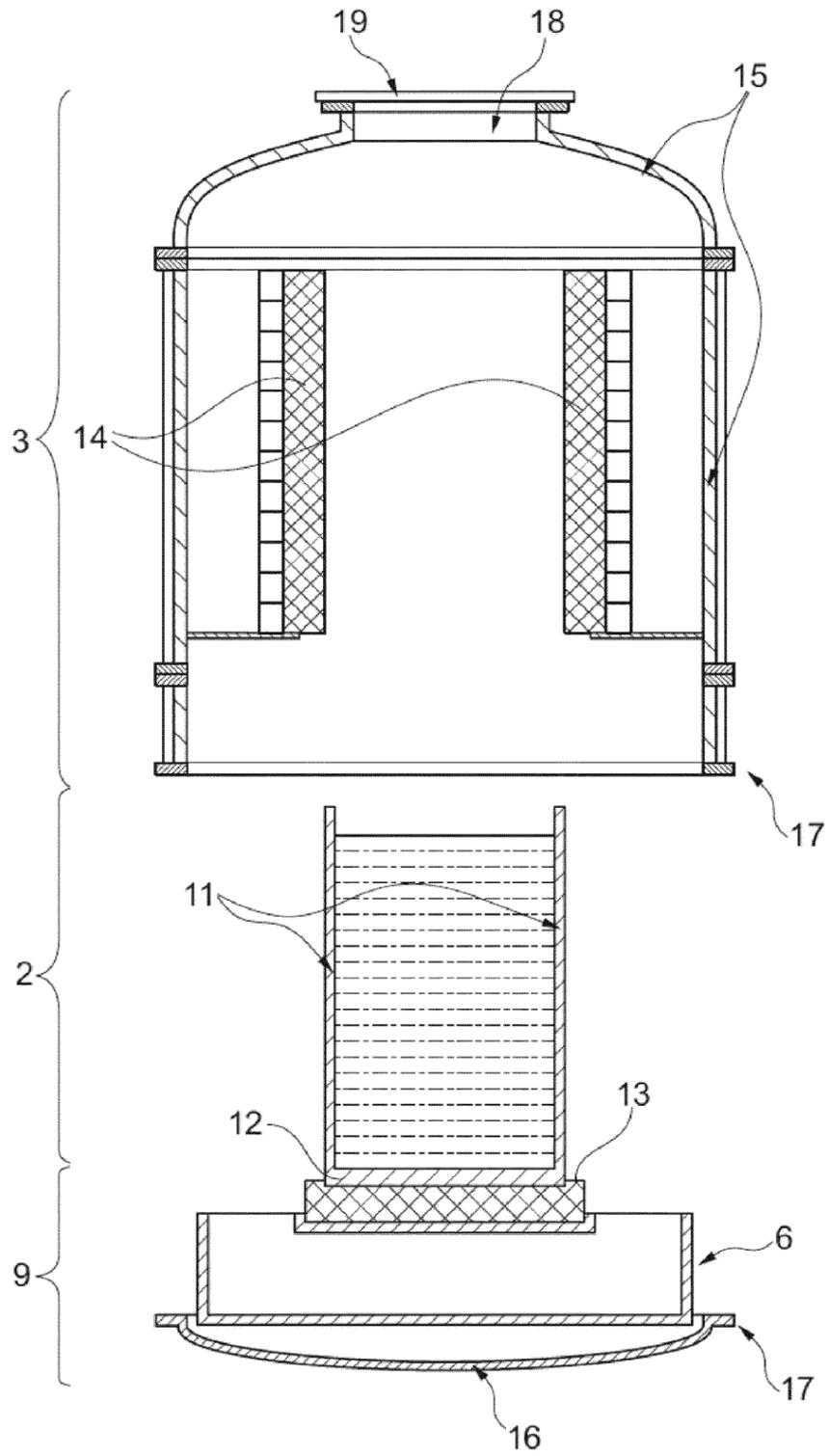


Fig. 1

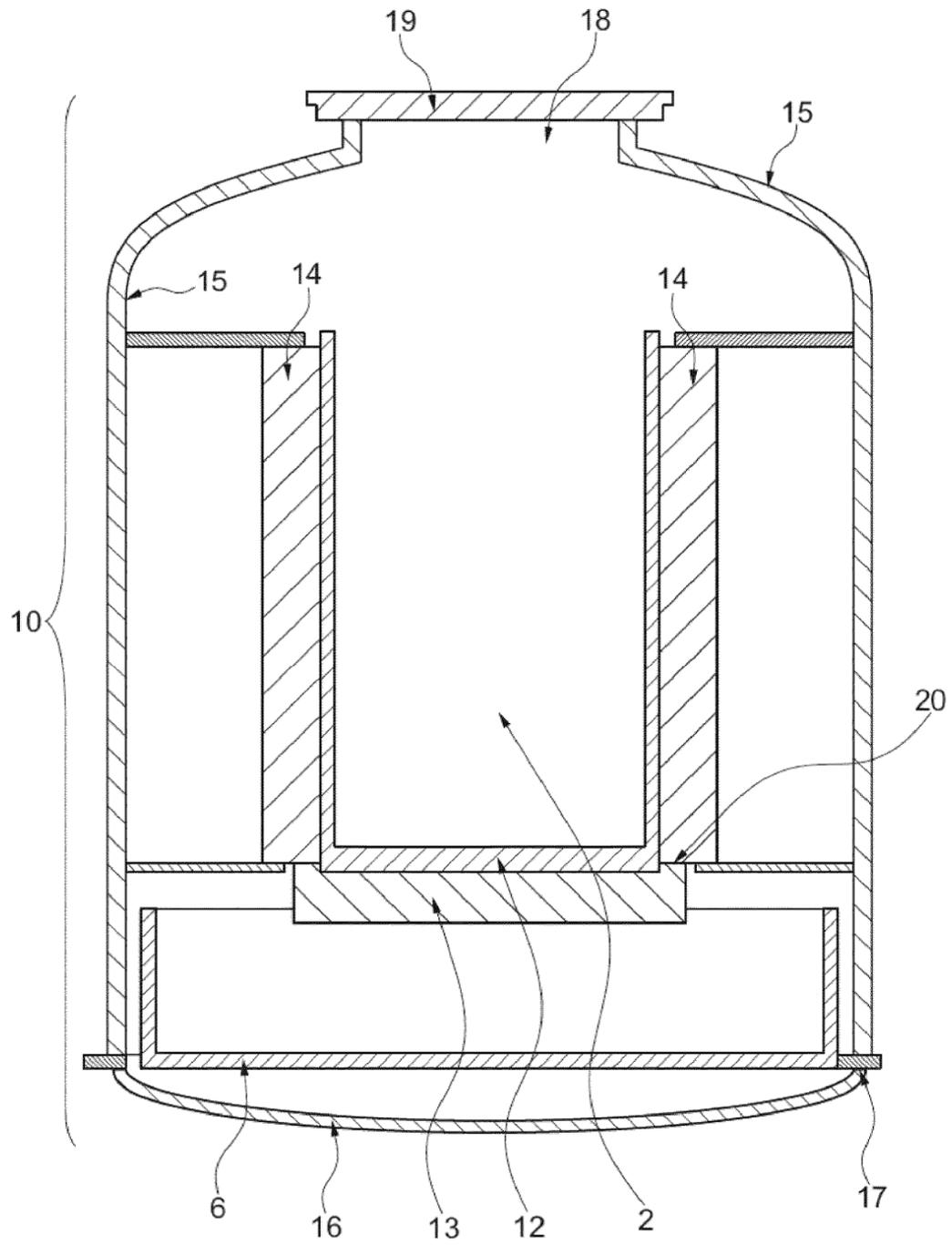


Fig. 2

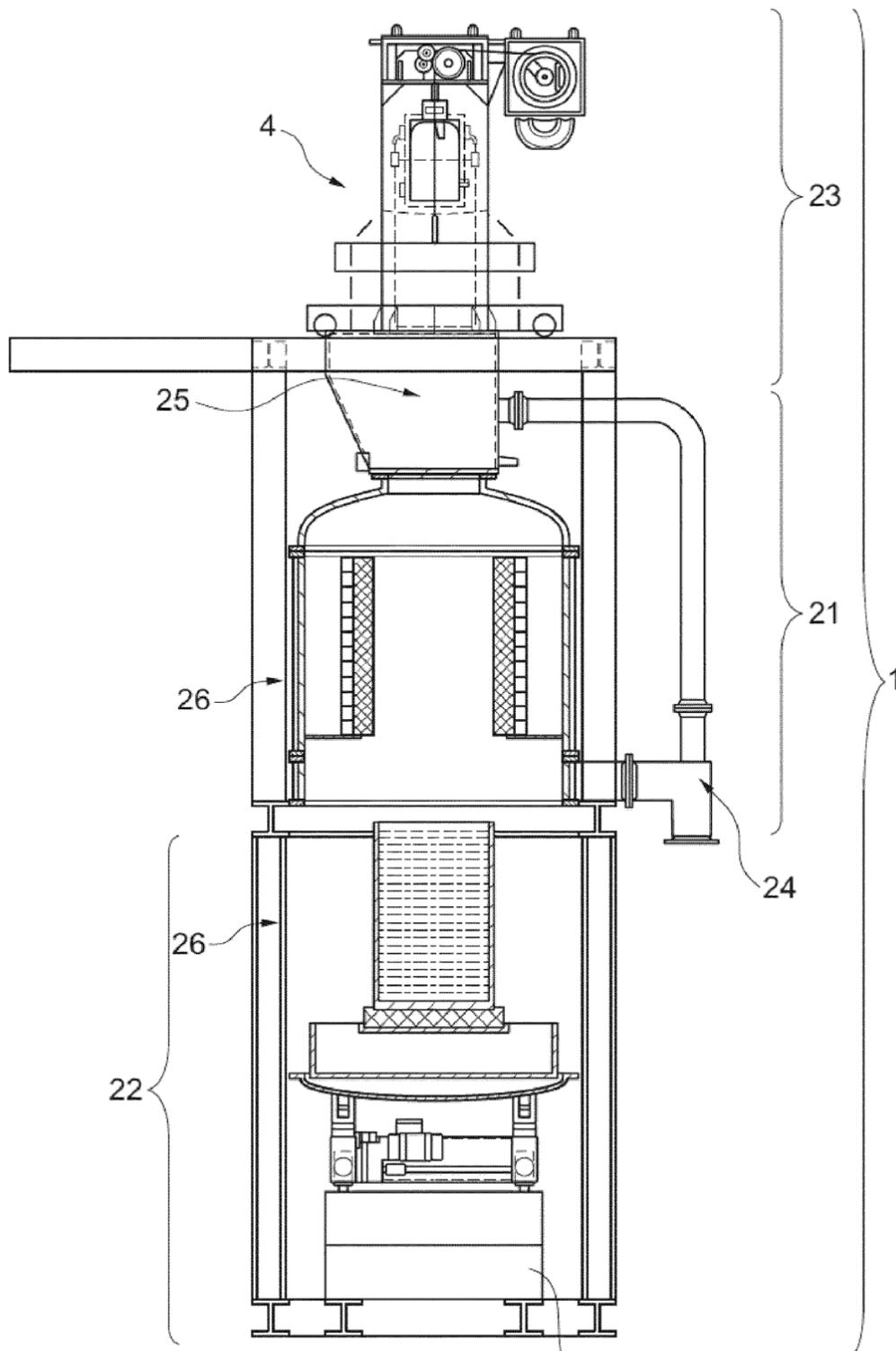


Fig. 3⁷

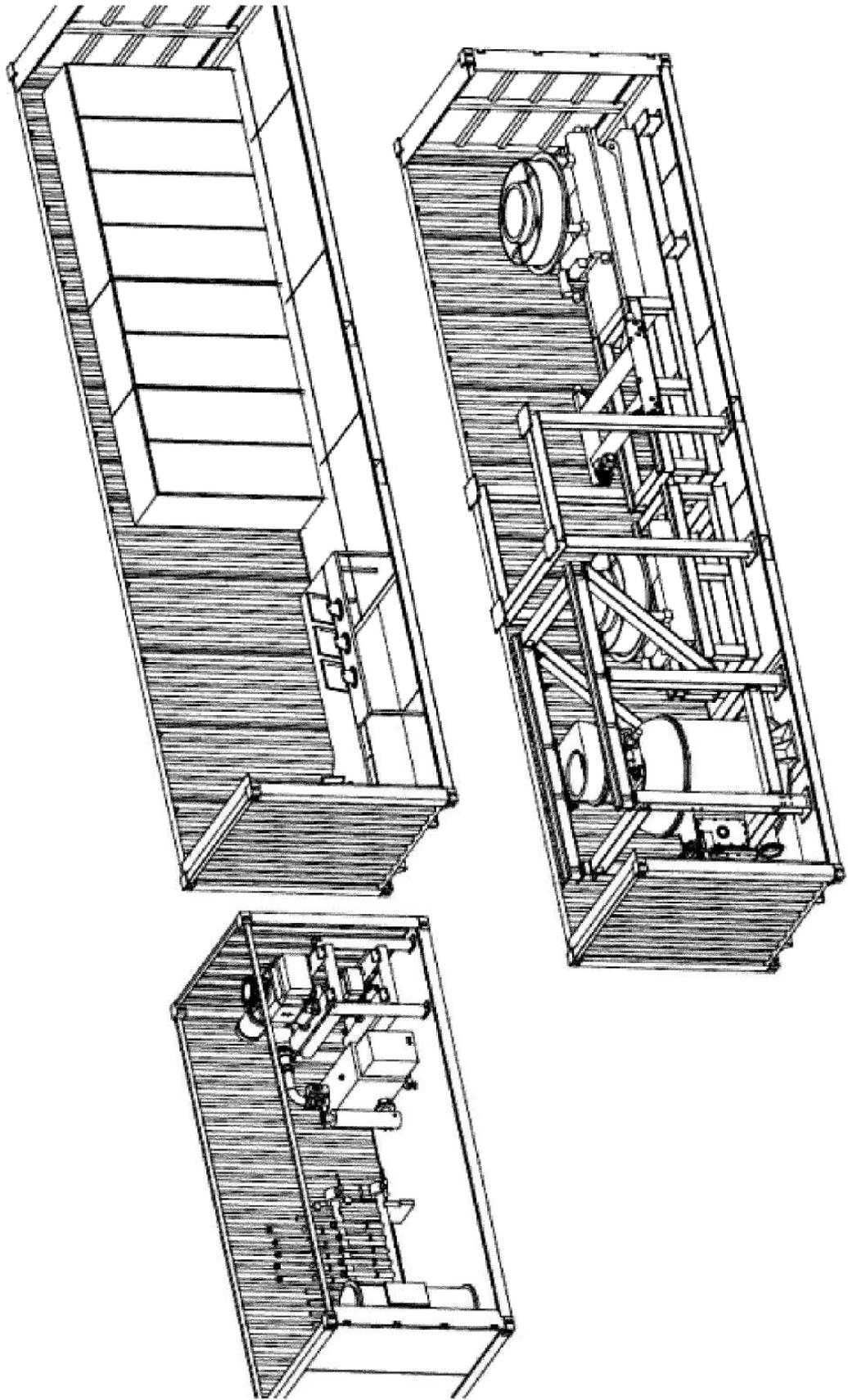


Figura 4

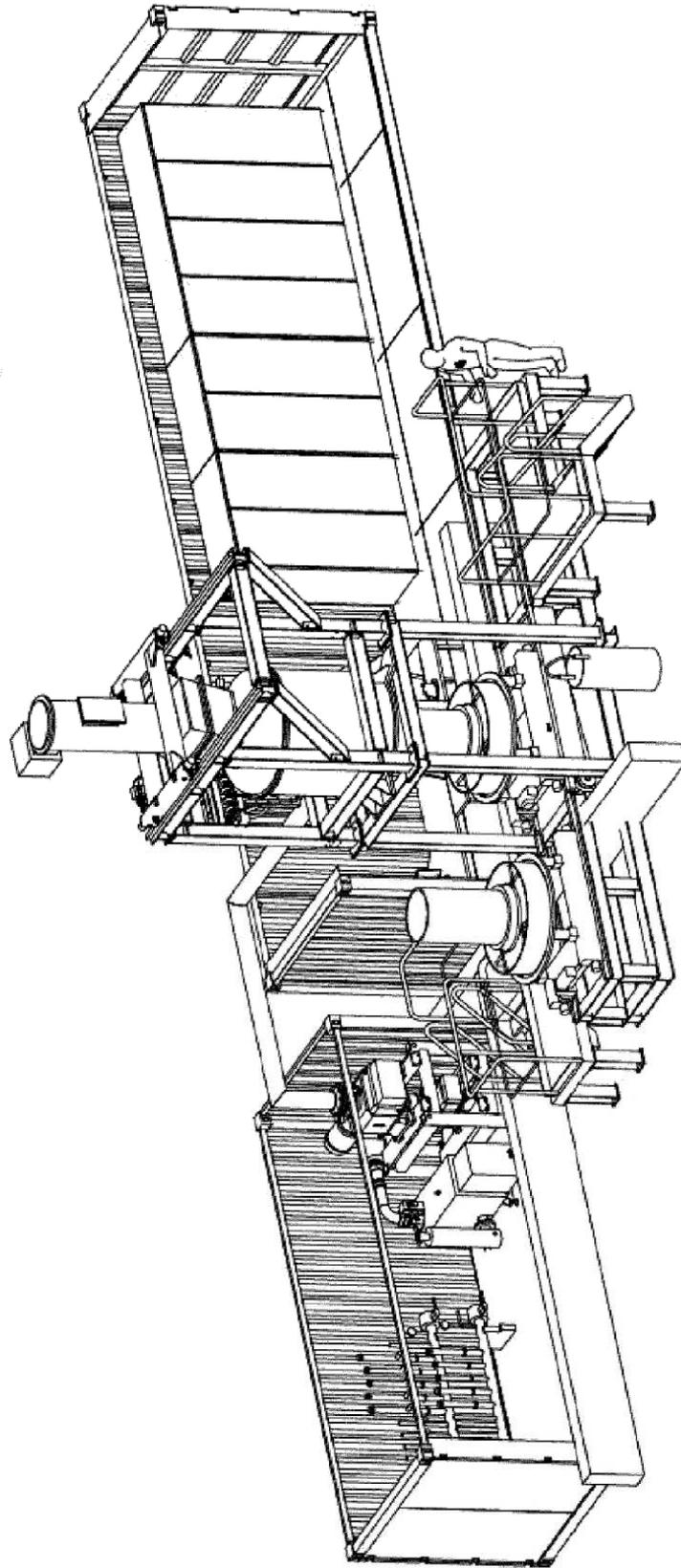


Figura 5