

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 651 111**

51 Int. Cl.:

<b>G21F 9/30</b>	(2006.01) <b>F23G 7/06</b>	(2006.01)
<b>C03B 1/00</b>	(2006.01) <b>F27B 14/00</b>	(2006.01)
<b>F23G 5/32</b>	(2006.01) <b>F27D 99/00</b>	(2010.01)
<b>F23G 7/00</b>	(2006.01) <b>F27B 14/14</b>	(2006.01)
<b>F27B 14/06</b>	(2006.01)	
<b>G21F 9/32</b>	(2006.01)	
<b>C03B 5/00</b>	(2006.01)	
<b>C03B 5/02</b>	(2006.01)	
<b>F23G 5/08</b>	(2006.01)	
<b>F23G 5/44</b>	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.08.2014 PCT/EP2014/067012**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **12.02.2015 WO15018905**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.08.2014 E 14748212 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2017 EP 3031054**

54 Título: **Procedimiento e instalación de incineración, fusión y vitrificación de restos orgánicos y metálicos**

30 Prioridad:

**08.08.2013 FR 1357894**

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

**24.01.2018**

73 Titular/es:

**AREVA NC (100.0%)  
Tour Areva 1 place Jean Millier  
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**BOEN, ROGER;  
CHARVIN, PATRICE;  
LEMONT, FLORENT y  
RUSSELLO, ALDO**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 651 111 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 e instalación de incineración, fusión y vitrificación de restos orgánicos y metálicos

**5 Campo de la invención**

La presente invención se sitúa en el campo del tratamiento de los restos mixtos y peligrosos con la finalidad de acondicionarlos y depositarlos durante largas duraciones en unos contenedores apropiados.

10 Se entiende por restos mixtos unas mezclas de restos metálicos y orgánicos y susceptibles de contener igualmente unas materias minerales y/u otras.

Se entiende por restos peligrosos unos restos contaminados radiológicamente y/o tóxicos.

15 Por lo tanto, la invención se refiere de manera más precisa al tratamiento por incineración, fusión y vitrificación de restos mixtos y peligrosos, así como a los hornos de fusión de inducción y a los reactores de combustión/incineración, en concreto, de plasma.

**Técnica anterior y problema planteado**

20 En el marco de la explotación y/o del desmantelamiento de las instalaciones nucleares o de otras instalaciones que contienen unos elementos tóxicos o contaminados, resulta indispensable tratar los restos que proceden de ellas, ya estén constituidos por restos metálicos, por ejemplo, de acero inoxidable, de cobre y/o de aluminio y/o por restos orgánicos, como, por ejemplo, el policloruro de vinilo (PVC) y el politereftalato de etileno (PET), incluso por restos  
25 minerales, tales como la fibra de vidrio. Todos estos materiales pueden estar contaminados por unos elementos radioactivos y, en particular, unas materias fisibles. Generalmente, estos restos están colocados en unas bolsas de PVC. Sin embargo, estos restos deben tratarse, acondicionarse para minimizar su volumen y en una forma que permita su depósito y almacenamiento durante largas duraciones, en función de su radioactividad.

30 Ya existen unos procedimientos adaptados para el tratamiento de mezclas de restos minerales (por ejemplo, la fibra de vidrio) y de restos orgánicos (PVC, PET), estando estos restos alimentados en una forma triturada de una granulometría centimétrica. El documento WO97/49641 A2 revela una instalación para un procedimiento de incineración de los restos orgánicos y metálicos contaminados, por una incineración en medio de plasma de oxígeno en un reactor de pared fría.

35 La solicitud de patente francesa FR 2 838 117 es un ejemplo de ello. La instalación, que se describe ahí, está constituida por un reactor de pared fría de combustión en medio de plasma de oxígeno, colocado por encima de un horno de fusión de vidrio por inducción de pared fría y que incluye un sistema de colada secuencial de la matriz vítrea. Sin embargo, una instalación de este tipo no puede tratar unos restos metálicos, ni encargarse de unas  
40 bolsas de restos completas. Además, la gestión de la criticidad en la parte de horno de fusión es difícil debido al riesgo de acumulación de plutonio en el vidrio que permanece en el fondo del horno después de cada colada o en la zona de combustión en la que están situadas las antorchas de plasma.

45 Otro procedimiento utiliza un reactor de pared caliente, es decir, refractaria, de combustión en medio de plasma, colocado por encima de un horno que gira alrededor de un eje vertical para fundir el vidrio y el metal por plasma, estando la pared caliente, es decir, siendo refractaria. Incluye un sistema de colada secuencial del vidrio y del metal y puede tratar unas bolsas completas de mezclas orgánicas, de minerales y de metales. En cambio, sus dimensiones importantes y su mantenimiento complejo, debido al desgaste de los materiales refractarios, lo hacen poco atractivo para una implementación en medio radioactivo y, además, podría incluir unos problemas de gestión  
50 de la criticidad.

La finalidad de la invención es remediar estos diferentes inconvenientes de estas instalaciones de la técnica anterior y proponer un procedimiento que responda a los siguientes objetivos:

55 - oxidar la fracción orgánica en agua, en dióxido de carbono o en cloruro de hidrógeno y descontaminar los gases antes de su neutralización;

- disolver unas cenizas que provienen de la oxidación de la fracción orgánica de estos restos en una matriz vítrea, tal como vidrio homogéneo o vitrocristalino;

60 - disolver la fracción mineral en la matriz vítrea;

- fundir la fracción metálica;

65 - disolver los radioelementos en su fase vítrea para los más oxidables o en la fase metálica para los menos oxidables; y

- encargarse de unas bolsas de restos completas, sin abrirlas, ni triturarlas, para evitar cualquier diseminación de la contaminación radioactiva.

5 En el caso en que estos restos estén contaminados por plutonio, el procedimiento de tratamiento debe permitir igualmente gestionar la criticidad, tanto en la instalación donde se implementa el procedimiento de tratamiento como en el producto final procedente de este tratamiento.

El procedimiento debe ser explotable en medio radioactivo.

10 Para terminar, el procedimiento de tratamiento debe conducir a un paquete de restos final, que puede incluir al menos dos fases, una fase vítrea y una fase metálica.

### Exposición de la invención

15 Un primer objeto principal de la invención es un procedimiento de incineración, de fusión y de vitrificación de restos mixtos peligrosos, esto es, unas mezclas de restos metálicos y orgánicos, contaminados radiológicamente y/o tóxicos y susceptibles de contener igualmente unas materias minerales y/u otras.

20 Según la invención, el procedimiento comprende las siguientes etapas sucesivas:

- introducción en un reactor de pared metálica fría o tibia de incineración en medio de plasma de oxígeno, por medio de un cesto de fibra de vidrio, de los restos colocados en una bolsa;

25 - incineración de los restos en el reactor;

- fusión de las fracciones residuales procedentes de la incineración de los restos y del cesto en un horno de inducción con fusión en un contenedor que forma crisol, denominado "In Can Melter", colocado por debajo del reactor;

30 - vitrificación de las fracciones residuales fundidas en una matriz vítrea contenida en el crisol;

- repetición de este ciclo para cada cesto de restos;

35 - desmontaje del horno y desensamblaje del contenedor que forma crisol, al final del proceso.

Debe señalarse que se entiende por pared fría o tibia una pared a una temperatura inferior a 150 °C.

40 Ventajosamente, este procedimiento comprende, además, un tratamiento de los gases residuales de la incineración, procedentes de este procedimiento y que incluye las siguientes fases:

- poscombustión de los gases procedentes de la incineración de los restos;

45 - fosfatación eventual de los cloruros metálicos formados durante la incineración cuando los restos, en concreto, los orgánicos, comprenden cloro;

- filtración del polvo;

50 - reciclado del polvo en el horno;

- neutralización de los gases descontaminados.

Una vez terminados los diferentes ciclos de tratamiento de los restos, el procedimiento comprende, además, las siguientes fases:

55 - parada de las antorchas de plasma del reactor y del horno;

- enfriamiento del conjunto de la instalación;

60 - desmontaje del horno con respecto al reactor.

- inspección del reactor.

65 Un segundo objeto principal de la invención es una instalación de incineración, de fusión y de vitrificación de los restos que utiliza el procedimiento de más arriba.

Según la invención, esta instalación comprende:

- un horno de inducción del tipo fusión en un contenedor que forma crisol (In Can Melter); y

5 - un reactor de pared metálica fría o tibia que comprende al menos una antorcha de plasma y una esclusa de introducción de cestos de restos, estando este reactor colocado sobre el horno de forma desmontable.

Según la invención, la instalación se completa ventajosamente con una cadena de tratamiento de gases que comprende:

10

- una cámara de poscombustión;

- un enfriador;

15

- al menos un filtro; y

- un sistema de neutralización del cloruro de hidrógeno.

### Descripción detallada de una realización de la invención

20

La figura única muestra una instalación según la invención para la implementación del procedimiento según la invención, con la finalidad de incinerar, de fundir y de vitrificar unos restos mixtos.

25

A continuación, se precisa que la presente descripción utiliza de manera diferente los términos incineración y combustión para designar el mismo tratamiento.

30

Un primer elemento principal de la instalación es un reactor 10 de combustión de pared metálica fría o tibia. El interior del reactor contiene oxígeno, que se calienta por una o varias antorchas de plasma 14. Estas últimas pueden ser unas antorchas de plasma de arco o de inducción.

35

Un cesto 18 está colocado en el interior del reactor 10 y contiene una bolsa de restos 30. Este conjunto está suspendido en el interior del reactor 10. Para ello, el reactor 10 se completa con una esclusa 12 para la introducción de cada cesto 18 en el interior del reactor 10. Preferentemente, el cesto 18 es de fibra de vidrio; un cesto de este tipo permite incinerar unos restos durante una duración superior a quince minutos en un reactor o un incinerador, sin que los restos se fundan previamente, en concreto, durante su inserción en el reactor 10. Como el procedimiento según la invención prevé tratar unos elementos metálicos, este cesto 18 puede incluir una ligera estructura metálica. Este cesto 18 está suspendido en la parte superior del reactor 10, por encima de las llamas producidas por las antorchas de plasma 14. Para terminar, está prevista una salida de los gases 16 en la parte superior del reactor 10; según otra variante, esta salida de los gases 16 también puede estar posicionada en la parte inferior del reactor 10 para hacer pasar los gases por la zona calentada por el plasma y favorecer su oxidación.

40

45

Otro elemento esencial de esta instalación es un horno 20 de inducción, de tipo "In Can Melter". Un tipo de horno de este tipo funciona por inducción y comprende una envoltura 21, completada por una solera inferior 22. Un contenedor que forma crisol 23 está colocado en el interior del conjunto y es amovible. Puede comprender él mismo una capa interna resistente al calor y, por lo tanto, a la agresividad del baño fundido y una capa externa aislante. Para terminar, un inductor 24 está colocado alrededor de la envoltura 21. Esta figura muestra igualmente en el interior del contenedor que forma crisol 23 una masa de vidrio fundido 26 posicionada por encima de una masa de metal fundido 28 que descansa en la parte inferior del contenedor que forma crisol 23.

50

Este horno 20 permite fundir la fase metálica 28 por inducción directa, así como la fase vítrea 26, que se encuentra por encima; esta fase vítrea 26 se calienta igualmente por abajo por contacto con el metal fundido y por arriba con la atmósfera caliente que reina en el interior del reactor 10 y eventualmente con la radiación de las antorchas de plasma colocadas por encima.

55

La instalación se completa ventajosamente con un conjunto de tratamiento de los gases procedentes del reactor 10. Está previsto asegurar ahí la poscombustión de estos gases, es decir, la oxidación completa de estos, la fosfatación de los cloruros metálicos, formados durante la combustión de los restos orgánicos que incluyen unos cloruros, la filtración del polvo arrastrado en estos gases y su reciclado en el horno 20 de fusión y la neutralización de los gases descontaminados. Para llevar a cabo estas diferentes operaciones, se puede utilizar una cámara de poscombustión, un enfriador, un filtro del tipo electrofiltro o filtro de medios filtrantes, otro filtro de muy alta eficacia y un sistema de neutralización del cloruro de hidrógeno.

60

El proceso detallado del procedimiento según la invención es el siguiente.

65

El proceso comienza por el ensamblaje estanco del reactor 10 de incineración de los restos y del horno 20 de fusión del metal y del vidrio.

A continuación, viene la eventual conexión estanca de la cadena de tratamiento de gases, enchufada a la salida de los gases 16 del reactor 10, cuando esta conexión no es permanente. A continuación, se pone en servicio esta cadena de tratamiento de gases. El inductor 24 del horno 20 de fusión se pone igualmente en servicio.

5 A continuación, se encienden las antorchas de plasma 14 del reactor 10 para precalentar el interior del reactor 10, es decir, la atmósfera gaseosa cargada de oxígeno.

10 A continuación, se procede a la apertura de la esclusa 12, para introducir una bolsa de restos 30 en un primer cesto 18. De este modo, este se coloca en el interior del reactor 10, suspendido por encima de las llamas de las antorchas de plasma 14.

Entonces, se procede al cierre de la esclusa 12 de introducción de los restos.

15 Entonces, puede tener lugar la combustión progresiva de los restos presentes en la bolsa de restos 30. Pueden tratarse los gases procedentes de esta combustión, así como el polvo recuperado, gracias a la filtración en la cadena de tratamiento de gases. La potencia de las antorchas de plasma 14 puede modularse para controlar la temperatura de salida de los gases de combustión.

20 Al final de la combustión de los restos presentes en la bolsa de restos 30, el cesto 18 se baja al horno 20.

25 La fusión de las fracciones residuales procedentes de la incineración de los restos, es decir, de los metales y de los residuos de materias orgánicas, así como la de las cenizas y de los minerales, tales como la fibra de vidrio, entre otros, procedentes del cesto 18, tiene lugar, por lo tanto, en el interior del horno 20. Entonces, se forman dos fases: una fase metálica 28 pesada y una fase de vidrio 26 más ligera y que se posiciona por encima de la fase metálica 28.

30 Si hay que tratar otros restos, se retoma entonces este ciclo, con la apertura de la esclusa 12 y las siguientes etapas, hasta el final de la fusión del metal y del vidrio para todos los restos, hasta obtener una composición final deseada del metal y del vidrio, esto hasta el llenado completo del volumen interior del contenedor que forma crisol 23 del horno 20.

35 Se señala que la última bolsa de restos 30 también puede contener el polvo de filtración recuperado en la cadena de tratamiento de gases durante la incineración de las anteriores bolsas.

Cuando ya no hay más restos que tratar, se procede a las siguientes operaciones:

- parada de las antorchas de plasma 14;

40 - parada del funcionamiento del inductor 24 del horno 20;

- enfriamiento del interior del contenedor que forma crisol 23 y del reactor 10;

45 - separación del horno 20 de fusión del metal y del vidrio con respecto al reactor 10 de incineración de los restos y desensamblaje del contenedor que forma crisol 23.

Entonces, puede tener lugar una eventual inspección del reactor 10.

50 En un ejemplo de realización, se consideran unas secuencias de funcionamiento de una instalación de este tipo para una veintena de bolsas de aproximadamente 28 kg, que contiene cada una 10 kg de restos orgánicos, 15 kg de restos metálicos y 3 kg constituidos por el cesto 18, compuesto por metal y por fibra de vidrio.

55 Desde el punto de vista del dimensionado, la cámara de combustión del reactor 10 es cilíndrica y de un diámetro de aproximadamente 1 m, de una altura igual a aproximadamente 2 m, siendo su superficie de intercambio con los gases de aproximadamente  $7 \text{ m}^2$  y su volumen de aproximadamente  $1,60 \text{ m}^3$ .

60 Las antorchas de plasma 14, que se utilizan, pueden ser cada una de una potencia de 75 KW. El contenedor que forma crisol 23, que constituye el contenedor final en el que estarán acondicionados, depositados y almacenados los restos, es cilíndrico de un diámetro de aproximadamente 500 mm y de una altura útil de aproximadamente 500 mm.

65 En ese caso, la capacidad de incineración es de aproximadamente 20 kg por hora de un resto orgánico cuyo poder de combustión interna medio es del orden de 33 MJ/kg. Esto conduce a una duración de combustión de cada bolsa del orden de 30 minutos. El flujo de oxígeno necesario durante este periodo de combustión es superior a 60 kg/h para poder estar en sobreestequiometría. El volumen de una cámara de este tipo permite un tiempo de estancia media para los gases en el reactor 10 de más de una decena de segundos. La sobreestequiometría de oxígeno, asociada a un tiempo de estancia media para los gases en el reactor de una decena de segundos, permite una

oxidación completa de los restos orgánicos.

Entonces, la potencia proporcionada para la combustión de los restos es de aproximadamente 183 kW y se completa por la potencia proporcionada por las antorchas de plasma 14, que pueden alcanzar 150 KW. Esta potencia es modulable para regular la temperatura de los gases a la salida de los gases del reactor 10. Una pequeña parte de la potencia proporcionada por la combustión de los restos y por las antorchas de plasma 14 se utiliza para elevar la temperatura de los gases quemados, hasta la temperatura de funcionamiento del reactor 10, es decir, entre 800 y 1.000 °C. No obstante, la mayoría de esta potencia se transfiere por un intercambio térmico hacia las paredes frías del reactor 10.

Después del final de la combustión de los restos, el cesto 18 que contiene las cenizas, que provienen de esta combustión, se baja al baño de metal y de vidrio del horno 20, de forma que se permita la fusión de los metales y de los minerales. El metal se mantiene ahí en fusión por el calentamiento por inducción directa, gracias al inductor 24. Se precisa que, desde el momento de la bajada de un cesto 18 de rango n al horno 20, se introduce un nuevo cesto de rango n + 1 en el reactor 10 por la esclusa 12, durando esta operación del orden de menos de 15 minutos.

Para terminar, a título de ejemplo, después del tratamiento del orden de una veintena de bolsas de restos y en función de la composición de los restos, el horno 20 puede contener una masa de 375 kg de metal y de 180 kg de vidrio formado a partir de la fibra de vidrio de los cestos 20, de las cenizas, del polvo que proviene de la combustión y de los aditivos minerales destinados a ajustar su composición química.

#### Ventajas de la invención

La asociación de un reactor, de tipo de combustión de pared metálica enfriada y de una combustión con oxígeno puro permite minimizar los flujos de gases de combustión que hay que tratar, esto con respecto a la combustión con aire, que incluye un 80 % de nitrógeno inútil para esta combustión. Esto permite mantener una temperatura de los gases de temperatura razonable, es decir, inferior a 1.200 °C, para evitar, por ejemplo, la fusión prematura del cesto 18 de fibra de vidrio, que lleva los restos. En efecto, las calorías suplementarias se absorben por la pared fría del reactor 10. Esta asociación permite minimizar las dimensiones globales del reactor 10 de incineración y de tratamiento de los gases. La asociación del sistema de alimentación por una esclusa 12, para la introducción de los restos contenidos en un cesto 18 de fibra de vidrio y del reactor 10 de combustión de pared metálica fría en medio de plasma de oxígeno, permite minimizar las dimensiones de este reactor 10 y del conjunto de tratamiento de los gases, con un flujo de combustión estable, conservando al mismo tiempo la ventaja de tratar unas bolsas de restos completas, sin abrirlas, ni triturarlas, para evitar, de este modo, cualquier diseminación de la contaminación radioactiva.

Un reactor 10 de este tipo, que se enfría de este modo, no está corroído por los gases de combustión, lo que conduce a alargar su vida útil.

Entre dos secuencias de utilización de la instalación, según la invención, es posible y fácil igualmente inspeccionar y limpiar el reactor 10.

La utilización de un horno 20 de fusión de metal y de vidrio, de tipo In Can Melter, conduce, gracias su funcionamiento secuencial, a unas paradas regulares de la instalación, con cambio del contenedor que forma crisol del horno de fusión. Esto facilita la gestión de la criticidad, puesto que no puede haber ahí acumulación de materia fisible en el contenedor que forma crisol 23 del horno 20 de fusión.

La asociación del horno 20, de tipo In Can Melter y del reactor 10 de combustión de pared metálica fría o tibia es particularmente pertinente, puesto que el reactor 10 puede enfriarse muy rápidamente. Esto permite desconectar en frío el horno 20 con respecto al reactor 10, de manera que se cambie el contenedor que forma crisol 23, sin perder tiempo.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de incineración, de fusión y de vitrificación de restos mixtos (30) que incluyen unos restos metálicos y orgánicos y susceptibles de contener unas materias minerales, por una parte, y contaminados radiológicamente y/o tóxicos, por otra parte, caracterizado porque comprende las siguientes etapas:
- 5 - introducción en un reactor (10) de pared metálica fría o tibia e incineración en medio de plasma de oxígeno, por medio de un cesto (18) de fibra de vidrio, a través de una esclusa (12) que desemboca en el reactor (10), de restos (30) colocados en una bolsa, estando dicha bolsa colocada en el cesto (18);
  - 10 - incineración de los restos (30) en el reactor (10);
  - 15 - fusión de las fracciones residuales procedentes de la incineración de los restos (30) y del cesto (18), en un horno (20) de inducción, del tipo con fusión en un contenedor que forma crisol (23), estando este horno (20) colocado por debajo del reactor (10);
  - vitrificación de las fracciones residuales fundidas en matriz vítrea;
  - 20 - repetición de este ciclo para cada cesto (18);
  - desmontaje del horno (20) y desensamblaje del contenedor que forma crisol (23).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque consiste en hacer tratamiento de los gases residuales de la incineración, que comprende las siguientes fases:
- 25 - poscombustión de los gases procedentes de la incineración;
  - fosfatación de los cloruros metálicos, formados durante la incineración;
  - 30 - filtración del polvo;
  - reciclado del polvo en el horno (20);
  - 35 - neutralización de los gases descontaminados.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque antes de la fase de desmontaje del horno (20), el procedimiento comprende, además:
- 40 - la parada de las antorchas de plasma del reactor (10) y del horno; y
  - el enfriamiento del conjunto de la instalación.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque, después de la fase de desmontaje del horno (20), el procedimiento comprende, además:
- 45 - la inspección del reactor (10).
5. Instalación para la implementación del procedimiento de incineración, de fusión y de vitrificación de restos según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque comprende principalmente:
- 50 - un reactor (10) de pared metálica fría o tibia, que comprende al menos una antorcha de plasma (14) y una esclusa de introducción (12) para la introducción de cestos (18) que comprenden los restos (30),
  - 55 - un horno (20) de fusión de inducción, de tipo con fusión en un contenedor que forma crisol (23), estando el horno de fusión (20) posicionado debajo del reactor (10), siendo el horno desmontable.
6. Instalación según la reivindicación 5, caracterizada porque comprende una cadena de tratamiento de gases, constituida por:
- 60 - una cámara de poscombustión;
  - un enfriador;
  - al menos un filtro; y
  - 65 - un sistema de neutralización del cloruro de hidrógeno.

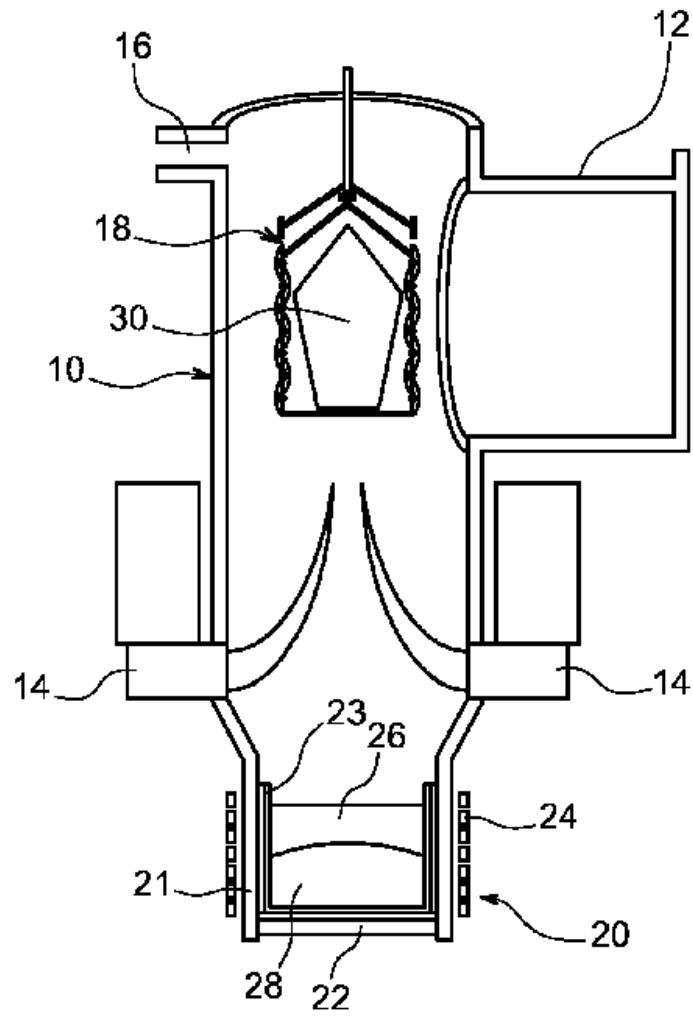


FIGURA ÚNICA