

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 854 399**

51 Int. Cl.:

C22B 7/04 (2006.01)
C22B 1/00 (2006.01)
C22B 5/10 (2006.01)
C22B 7/00 (2006.01)
C22B 7/02 (2006.01)
F27B 1/08 (2006.01)
F27B 1/10 (2006.01)
F27D 11/06 (2006.01)
F27D 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.11.2015 PCT/EP2015/077476**
87 Fecha y número de publicación internacional: **23.06.2016 WO16096332**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2015 E 15808361 (8)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.12.2020 EP 3234205**

54 Título: **Procedimiento para reducir materiales de partida fundidos líquidos, así como dispositivo para llevar a cabo este procedimiento**

30 Prioridad:

16.12.2014 DE 102014226117

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.09.2021

73 Titular/es:

**SHOWA DENKO CARBON GERMANY GMBH
(100.0%)
Werner-von-Siemens-Strasse 18
86405 Meitingen, DE**

72 Inventor/es:

**EDLINGER, ALFRED y
STEPPICH, DANIEL**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 854 399 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 para reducir materiales de partida fundidos líquidos, así como dispositivo para llevar a cabo este procedimiento

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para reducir materiales de partida fundidos líquidos, en el que los materiales de partida en estado sólido, fundido líquido o gaseoso se añaden a un lecho calentado al menos en parte de forma inductiva con coque troceado y la masa fundida reducida que sale del lecho de coque se reúne y los gases de escape se eliminan. La invención se refiere, además, a un dispositivo para llevar a cabo este procedimiento, que comprende un reactor para el alojamiento de un lecho con coque troceado y una calefacción por inducción que abarca al menos una bobina de inducción para el caldeo por inducción del lecho de coque.
- 10 Materiales de partida en forma de masa fundida a reducir son, en particular, minerales, polvos, escorias, residuos de la pirolisis, gasificación y combustión, masas fundidas, lodos, componentes de la escoria (refundición por electroescoria) (tales como, p. ej., CaO, CaF₂, Al₂O₃) y/o vidrios de óxidos de metales, así como masas fundidas minerales a desgasificar.
- 15 Coques troceados en el sentido de esta invención son, en particular, soportes de carbono, tales como coque, antracita y grafito. De manera muy ventajosa, estos soportes de carbono se mezclan de acuerdo con la invención con soportes de carbono muy reactivos, tales como hulla, lignito o carbón vegetal, biomasa, carbón activo no cargado o cargado.
- 20 Polvos y escorias, en particular escorias residuales, fracción ligera de la trituradora, materiales compuestos, tales como, por ejemplo, películas de aluminio revestidas, escorias de acero así como escorias de la metalurgia no ferrosa y tecnología inorgánica contienen una serie de óxidos de metales, en donde en el caso de escorias de acero están presentes en la escoria cantidades considerables de óxidos de metales pesados.
- 25 Para la reducción de óxidos de metales indeseados de este tipo, en particular de los óxidos de cromo, vanadio, molibdeno, wolframio, cobalto, manganeso, plomo, cobre y zinc se propuso ya aplicar masa fundida líquida sobre un baño de metal reductor correspondiente, en particular un baño de hierro, el cual contiene carbono disuelto como agente reductor, transfiriéndose los metales reducidos en la serie reglada de metales o la fase gaseosa.
- 30 Para la realización industrial de un procedimiento de este tipo es necesario, sin embargo, emplear la mayoría de las veces los materiales de partida directamente como masas fundidas, con el fin de poder aprovechar el calor de la masa fundida.
- Además, en el caso de todas las reacciones de este tipo, la escoria se encuentra en equilibrio con el baño de metal y, en virtud de las condiciones de equilibrio, los metales pesados nunca se pueden reducir por completo de una manera en la que los óxidos que permanecen en la escoria se encontraran por debajo del límite de detección analítico. Esto es válido, en particular, para óxidos de cromo y vanadio los cuales permanecen en la escoria reductora en cantidades de al menos por encima de 1000 ppm.
- 35 Los vidrios, en particular masas fundidas de vidrio, pueden ser producidos entonces de forma incolora solo cuando a partir de masas fundidas de vidrio de este tipo se eliminan también de forma cuantitativa pequeñas trazas de óxidos de metales pesados, dado que los óxidos de metales confieren al vidrio colores correspondientes.
- A este respecto, en el documento AT 502 577 B1 se propuso ya añadir partículas sólidas y/o masas fundidas a un lecho calentado al menos en parte por inducción o una columna con coque troceado y recoger la masa fundida reducida y/o desgasificada que se evacua.
- 40 Estado de la técnica relevante también se puede deducir del documento WO 2010/022425 A1.
- Un lecho de coque de este tipo tiene, con respecto a los baños de metales conocidos, un potencial de reducción esencialmente mayor, teniendo lugar tanto la fusión como también la reducción directamente en el lecho de coque o bien directamente en los trozos de coque.
- 45 Las frecuencias correspondientes se encuentran en aproximadamente 50 a 100 kHz, lo cual conduce de nuevo a que la energía aplicada pueda ser incorporada, en virtud del efecto pelicular, solo en el borde externo del lecho de coque. Con el fin de calentar suficientemente el lecho de coque también en el centro de la carga, se requieren elevadas potencias, dado que una conducción de calor a través del coque desde la zona de borde caldeada por inducción al centro solo tiene lugar en una medida muy pequeña.
- 50 Un inconveniente se encuentra en la aparición de reacciones secundarias indeseadas de los componentes gaseosos que resultan en el lecho de coque con los materiales de partida fundidos líquidos. Por lo tanto, el procedimiento se puede emplear solo de forma limitada para el tratamiento de materiales de partida, en particular polvos finos, que

estén cargados con metales pesados, fósforo, álcalis (en particular litio), dioxinas, halógenos, componentes orgánicos tóxicos, hormonas o residuos farmacéuticos.

5 La invención tiene por objetivo, por lo tanto, mejorar un procedimiento y un dispositivo del tipo mencionado al comienzo en el sentido de que evitando los inconvenientes arriba mencionados, sustancias sólidas y masas fundidas puedan ser liberadas de forma muy ampliamente cuantitativa de sustancias indeseadas de un modo particularmente sencillo y rentable y, en particular, pueden eliminarse una serie de óxidos de metales pesados hasta por debajo de los límites de detección.

10 Para la solución de este problema, el procedimiento de acuerdo con la invención consiste, de acuerdo con un primer aspecto, esencialmente en que se emplea un lecho de coque, el cual está limitado en el interior por un elemento tubular, en donde el elemento tubular es caldeado y los gases de la reacción son extraídos del lecho de coque a través de una pluralidad de orificios de extracción configurados en el elemento tubular.

15 Conjuntamente con los materiales de partida fundidos líquidos pueden incorporarse agentes reductores. Agentes reductores preferidos son carbón en polvo, gas natural, hidrocarburos, hidrógeno, monóxido de carbono y/o amoníaco. Preferiblemente, el agente reductor se insufla o se incorpora por succión en el lecho de coque. Como agente reductor adicional puede servir también la carga de coque.

Se prefiere que los orificios de extracción atraviesen la pared del elemento tubular y desemboquen en el interior del elemento tubular.

20 Debido a que el lecho de coque está delimitado en el interior por un elemento tubular caldeable, se crea la posibilidad de caldear el lecho de coque no solo desde el exterior, sino también desde el interior. Con ello, se alcanza un gradiente de temperatura esencialmente más plano y se evitan los inconvenientes de la insuficiente incorporación de energía mencionados arriba en relación con el efecto pelicular.

25 Al mismo tiempo, mediante el elemento tubular se crea la posibilidad de extraer más rápidamente los gases de la reacción que resultan en la carga de coque. Todos los otros conceptos del horno de cuba conocidos se hacen funcionar actualmente de forma exclusiva en un proceso en contracorriente o bien en isocorriente, en el que la masa fundida y la corriente gaseosa están orientadas de manera enfrentada o bien en paralelo. La presente invención posibilita entonces por vez primera una conducción del gas perpendicular a la dirección de flujo de la masa fundida dentro de un concepto de un horno de cuba. El elemento tubular presenta para este fin una pluralidad de orificios de extracción, a través de los cuales los gases de la reacción pueden ser extraídos radialmente directamente en la zona de su formación, de modo que se suprimen reacciones indeseadas con el material de partida fundido líquido. La extracción directa de los gases de la reacción tiene el efecto adicional de que con ello se aumenta esencialmente la capacidad de reacción del lecho de coque. Al mismo tiempo, se puede optimizar de manera significativa el flujo de masa fundida en relación con las velocidades de paso en virtud del volumen de gas reducido dentro de la carga de coque.

30

35 La extracción directa de los gases de la reacción permite, además, desplazar el equilibrio químico en el sentido deseado, lo cual es particularmente ventajoso en el caso de componentes que durante la reacción llevan a cabo un cambio de fase.

40 Se prefiere particularmente que el elemento tubular esté adaptado a la geometría del lecho de coque. Preferiblemente, el elemento tubular presenta una sección transversal redonda o rectangular o una combinación de ambas. Se prefiere, además, que el elemento tubular sea un cuerpo eléctricamente conductor, permeable a los gases y/o provisto de taladros, estable a alta temperatura.

De manera ventajosa, el elemento tubular es caldeado de forma inductiva, de modo que para el caldeo del lecho de coque y del elemento tubular puede utilizarse la misma calefacción por inducción. Teniendo en cuenta las distintas frecuencias de acoplamiento del lecho de coque y del elemento tubular al campo de inducción de la calefacción por inducción se han de tomar, sin embargo, precauciones particulares.

45 Un perfeccionamiento preferido prevé, por lo tanto, que la calefacción por inducción prevista para el caldeo por inducción del lecho de coque y del elemento tubular sea hecha funcionar de manera alternativa o simultáneamente con corriente alterna de diferente frecuencia. En este caso, son necesarias frecuencias más elevadas, con el fin de caldear por inducción al lecho de coque. Son necesarias frecuencias más bajas con el fin de caldear por inducción al elemento tubular.

50 En este caso, se observó que el lecho de coque para las frecuencias más bajas es transparente, de modo que el elemento tubular se acopla con un buen grado de acción al campo de inducción. Con ello, pueden alcanzarse en el lecho de coque temperaturas elevadas de 1900°C y más con una elevada densidad de potencia. De manera preferida, el elemento tubular se compone en este caso de grafito, en donde el cuerpo de grafito puede presentar un revestimiento distinto de carbono en el lado orientado hacia el lecho de coque. En particular, la superficie puede estar silanizada, de modo que resulta una superficie de SiC resistente al desgaste.

55

- 5 En función de la elección de la frecuencia de corriente alterna de la calefacción por inducción, tiene lugar un acoplamiento de diferentes porciones de tamaño de granos de la carga de coque. Cada uno de los tamaños de grano tiene una frecuencia de resonancia óptima, acoplándose trozos de coque mayores a más bajas frecuencias que trozos de coque más pequeños. Dado que el lecho de coque presenta, por norma general, una distribución del tamaño de granos, mediante la elección de la frecuencia de la corriente alterna puede caldearse la fracción deseada del lecho de coque. Mediante la variación de la frecuencia de la corriente alterna pueden incorporarse en este caso de manera ventajosa las distintas fracciones de manera preestablecida para el acoplamiento, de modo que se garantiza una incorporación de energía a través de toda la extensión radial del lecho de coque.
- 10 En el caso de un modo de funcionamiento sincrónico, tiene lugar preferiblemente una modulación de la corriente alterna de baja frecuencia con una o varias frecuencias más elevadas. En el caso del modo de funcionamiento alterno pasan a emplearse, preferiblemente, dos o más frecuencias de corriente alterna diferentes sucesivamente y de forma alterna.
- 15 De acuerdo con un perfeccionamiento preferido, está previsto que la corriente alterna alcance para el empleo una primera y una segunda frecuencia. En este caso, la primera frecuencia asciende preferiblemente a 2-10 kHz. La segunda frecuencia asciende preferiblemente a 50-200 kHz, en particular a 75-130 kHz.
- El procedimiento de acuerdo con la invención es adecuado para el tratamiento de una serie de materiales de partida problemáticos, en particular para el tratamiento de polvos finos problemáticos, los cuales están cargados, p. ej., con metales pesados, tales como Pb, Cd, Hg o Zn.
- 20 Para la solución del problema en el que se fundamenta la invención, la invención consiste, de acuerdo con un aspecto adicional, en el caso de un dispositivo del tipo mencionado al comienzo, esencialmente en que el reactor está configurado para el alojamiento de un lecho de coque anular en sección transversal, el cual está delimitado en el interior por un elemento tubular del reactor, componiéndose el elemento tubular de un material adecuado para el acoplamiento inductivo al campo de inducción de la bobina de inducción, en particular grafito, y presentando una pluralidad de orificios de extracción para extraer gases de la reacción del lecho de coque.
- 25 Dado que el lecho de coque y el elemento tubular se acoplan en el caso de frecuencias diferentes entre sí del campo de inducción, un perfeccionamiento preferido prevé que el suministro de tensión de la calefacción por inducción comprenda al menos un convertidor de frecuencia o generador de frecuencia con un dispositivo de control, el cual está configurado para hacer funcionar la calefacción por inducción de forma alterna o simultáneamente con corriente alterna de diferentes frecuencias.
- 30 De manera particularmente preferida, el dispositivo de control puede estar configurado para hacer funcionar la calefacción por inducción con corriente alterna al menos de una primera y una segunda frecuencia. En este caso, la primera frecuencia asciende preferiblemente a 2-10 kHz y la segunda frecuencia asciende preferiblemente a 50-200 kHz, en particular a 75-130 kHz.
- 35 Una configuración preferida adicional prevé que en el lecho de coque desemboquen tuberías para el insuflado de gases reactivos.
- 40 Con el fin de garantizar una extracción efectiva de los gases de la reacción del lecho de coque, está previsto preferiblemente que los orificios de extracción atraviesen la pared del elemento tubular y desemboquen en un canal de extracción dispuesto o configurado en el interior del elemento tubular. Con el fin de alcanzar una extracción uniforme a lo largo de todo el lecho de coque, está previsto preferiblemente que los orificios de extracción estén dispuestos de modo distribuido en la dirección periférica a través del elemento tubular. Los orificios de extracción están distribuidos de manera particularmente uniforme en este caso en la dirección periférica. Además, los orificios de extracción pueden estar dispuestos de manera distribuida también en la dirección axial, es decir, en la dirección en altura del lecho de coque. Ventajosamente, los orificios de extracción están dispuestos en una pluralidad de filas horizontales, que discurren paralelas entre sí.
- 45 De manera particularmente preferida, puede estar previsto un dispositivo para la apertura y el cierre selectivos de al menos una cantidad parcial de los orificios de extracción. Con ello, la extracción de gas puede ajustarse de manera que los gases de la reacción sean extraídos en la posición óptima correspondiente a los requisitos respectivos.
- 50 Con el fin de evitar que componentes sólidos o líquidos sean expulsados del lecho de coque en común con los gases de la reacción a través de los orificios de extracción, un perfeccionamiento preferido prevé que los orificios de extracción discurran oblicuamente hacia arriba en dirección al canal de extracción.
- 55 De manera particularmente preferida, los orificios de extracción presentan una primera zona con una primera sección transversal de flujo y una segunda zona, que se une a la anterior, con una sección transversal de flujo reducida con respecto a la primera zona. Esta configuración determina que los gases de la reacción fluyan de modo laminar en la primera zona de los orificios de extracción, mientras que, por el contrario, mediante el estrechamiento en sección transversal en la segunda zona se provoca un flujo turbulento. El flujo turbulento favorece el contacto de

las partículas fundidas eventualmente arrastradas con los gases de la reacción con la pared de los orificios de extracción y entre sí. Las partículas arrastradas se aglomeran en este caso y las gotas que resultan con ello fluyen a lo largo de la pared de los orificios de extracción de nuevo al recinto del reactor o bien al lecho de coque.

5 La invención se explica seguidamente con mayor detalle con ayuda de ejemplos de realización representados esquemáticamente en los dibujos. En estos, la Figura 1 muestra un reactor de acuerdo con la invención, la Figura 2 una vista en detalle de una sección transversal del elemento tubular para la extracción de los gases de la reacción y la Figura 3 un posible ejemplo de realización para un taladro para la introducción de gas en el elemento tubular.

10 El reactor de acuerdo con la invención en la Figura 1 se compone de una o varias bobinas de inducción 1 que están conducidas en torno a la pared 2 del reactor. Las bobinas de inducción 1 y la pared 2 del reactor tienen en este caso preferiblemente una sección transversal redonda, adaptada entre sí. Además, son posibles preferiblemente secciones transversales rectangulares o combinaciones a base de secciones transversales redondas y rectangulares. Dentro de la pared 2 del reactor se encuentra un elemento tubular para la extracción de gases de la reacción 3 y una carga a base de coque 4 troceado. La geometría del elemento tubular para la extracción de gases de la reacción 5 está adaptada preferiblemente a la geometría del reactor. Materiales sólidos y/o fundidos líquidos pueden incorporarse en el reactor caldeado de forma inductiva. Los gases de la reacción resultantes se retiran entonces por medio del elemento tubular para la extracción de gases de la reacción 5 desde la carga a base de coque 4 troceado mediante una diferencia de presión hacia la salida del tubo de extracción de gas 3. Los materiales fundidos líquidos remanentes, p. ej., masa fundida metálica y/o escoria, pueden ser eliminados en la forma de realización más sencilla directamente a través de un orificio de sangrado 6 del espacio interior del reactor y de la carga a base de coque 4 troceado.

25 La Figura 2 representa una posible sección transversal del elemento tubular para la extracción de gases de la reacción 5. Embutida en el mismo se encuentran taladros 7 dentro de la pared 8 del tubo del elemento tubular para la extracción de gases de la reacción 5 de la carga a base de coque 4 troceado. Los taladros están dispuestos preferiblemente de forma inclinada, de tal manera que discurren hacia arriba desde el lado exterior hacia el lado interior del elemento tubular para la extracción de gases de la reacción 5. Con ello, puede minimizarse una introducción de materiales sólidos o fundidos líquidos del volumen del reactor de la carga a base de coque 4 troceado en el interior 9 del reactor. Otra forma de realización del elemento tubular para la extracción de gases de la reacción 5 lo representa una estructura modular. En este caso, se puede disponer uno sobre otro un número arbitrario de segmentos individuales consistentes en taladros 7 y segmentos de la pared 8 del tubo que constituyen el elemento tubular para la extracción de gases de la reacción 5. Una forma de realización adicional del elemento tubular para la extracción de gases de la reacción 5 lo representa una estructura modular de tal forma que varios elementos individuales del elemento tubular para la extracción de gases de la reacción 5 son incorporados paralelamente entre sí en la carga a base de coque 4 troceado. Preferiblemente, los distintos elementos tubulares para la extracción de gases de la reacción 5 presentan taladros 7 en planos diferentes dentro del coque 4 troceado. Con ello, el reactor puede ser optimizado de modo que diferentes gases de la reacción pueden ser extraídos por separado en diferentes puntos dentro de la carga a base de coque 4 troceado. Por consiguiente, dentro de la carga a base de coque 4 troceado pueden definirse diferentes zonas de reacción, de las cuales pueden extraerse independientemente los gases de la reacción. La definición de las distintas zonas de la reacción puede tener lugar, por ejemplo, mediante el ajuste de diferentes temperaturas, o bien mediante la incorporación preestablecida de participantes en la reacción a través de toberas desde fuera de la pared 2 del reactor. Una forma de realización adicional es la incorporación de un elemento tubular para la extracción de gases de la reacción 5 consistente en varios volúmenes separados entre sí en el interior 9 del reactor. Taladros en diferentes zonas de reacción posibilitan la extracción definida e independiente de gases de la reacción de la carga de coque 4 troceado en el volumen separado en el interior 9 del tubo.

45 La Figura 3 representa pues una vista en detalle de una posible forma de realización de un taladro 7 dentro de la pared 8 del tubo del elemento tubular para la extracción de gases de la reacción 5. El taladro 7 está dispuesto preferiblemente de modo inclinado de forma que discurre hacia arriba desde el lado externo al lado interno del elemento tubular para la extracción de gases de la reacción 5. Adicionalmente, el taladro 7 está dividido en 2 segmentos de diferente geometría. La parte externa del taladro 10 está orientada hacia la carga a base de coque 4 troceado. Posee un volumen mayor en comparación con la parte interna del taladro 11, el cual conduce directamente al interior 9 del reactor. Mediante el volumen mayor de la parte externa del taladro 10 se ralentiza la velocidad de los gases de la reacción que son extraídos de la carga a base de coque 4 troceado y posibles partículas sólidas o fundidas líquidas, que todavía se encuentran en la corriente gaseosa, pueden descender a la cara inferior de la parte externa del taladro 10 y fluir allí de nuevo en la carga a base del coque 4 troceado. Mediante la reducción del diámetro en la parte interior del taladro 11 en comparación con la parte externa del taladro 10 se produce en la parte interior del taladro 11 una velocidad incrementada del gas y, preferiblemente, una mezcla a fondo turbulenta del gas de reacción de la carga a base de coque 4 troceado. Partículas sólidas o fundidas líquidas eventualmente remanentes, que todavía no fueron expulsadas en la parte externa del taladro 10, se reúnen preferiblemente en la zona turbulenta de la parte interna del taladro 11 para formar partículas mayores que luego son evacuadas preferiblemente aquí en la parte inferior de la parte interna del taladro 11 y desde allí pueden fluir de nuevo a la carga a base coque 4 troceado. Preferiblemente, la parte externa del taladro 10 puede diseñarse en general simétrica en rotación en torno al elemento tubular para la extracción de gases de la reacción 5, mientras que las

partes internas del taladro 11 son incorporadas en posiciones seleccionadas y en un número elegido en la parte externa del taladro 10.

Leyendas de las Figuras:

- | | | |
|----|----|---|
| | 1 | bobina de inducción |
| 5 | 2 | pared del reactor |
| | 3 | extracción de gases de la reacción |
| | 4 | carga |
| | 5 | elemento tubular para la extracción de gases de la reacción |
| | 6 | orificio de sangrado |
| 10 | 7 | taladros |
| | 8 | pared del tubo |
| | 9 | interior del tubo |
| | 10 | taladro de la parte externa |
| | 11 | taladro de la parte interna |
| 15 | | |

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para reducir materiales de partida fundidos líquidos, en el que los materiales de partida en estado sólido o fundido líquido se añaden a un lecho calentado al menos en parte de forma inductiva con coque troceado y la masa fundida reducida que sale del lecho de coque se reúne y los gases de escape se eliminan, caracterizado por que se emplea un lecho de coque, el cual está limitado en el interior por un elemento tubular, en donde el elemento tubular es caldeado y los gases de la reacción son extraídos del lecho de coque a través de una pluralidad de orificios de extracción configurados en el elemento tubular.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el elemento tubular está adaptado a la geometría del lecho de coque.
3. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el elemento tubular presenta una sección transversal redonda o rectangular o una combinación de ambas.
4. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el elemento tubular es un cuerpo eléctricamente conductor, permeable a los gases y/o provisto de taladros, estable a alta temperatura.
5. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el elemento tubular es caldeado de forma inductiva.
6. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que una calefacción por inducción prevista para el caldeo por inducción del lecho de coque y del elemento tubular se hace funcionar de manera alternativa o simultáneamente con corriente alterna de diferente frecuencia.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que pasa a emplearse corriente alterna de al menos una primera y una segunda frecuencia.
8. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que los orificios de extracción atraviesan la pared del elemento tubular y desembocan en el interior del elemento tubular.
9. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el agente reductor se insufla o se incorpora por succión en el lecho de coque.
10. Dispositivo para reducir materiales de partida fundidos líquidos, en particular para llevar a cabo un procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende un reactor para el alojamiento de un lecho con coque troceado y una calefacción por inducción que comprende al menos una bobina de inducción para el caldeo inductivo del lecho de coque, presentando el reactor un orificio de alimentación para los materiales de partida sólidos y fundidos líquidos y un orificio de sangrado para la masa fundida tratada, caracterizado por que el reactor está configurado para el alojamiento de un lecho de coque anular, el cual está delimitado en el interior por un elemento tubular del reactor, componiéndose el elemento tubular de un material adecuado para el acoplamiento inductivo al campo de inducción de la bobina de inducción, en particular grafito, y presentando una pluralidad de orificios de extracción para extraer gases de la reacción del lecho de coque.
11. Dispositivo según la reivindicación 10, caracterizado por que el suministro de tensión de la calefacción por inducción comprenda al menos un convertidor de frecuencia o generador de frecuencia con un dispositivo de control, el cual está configurado para hacer funcionar la calefacción por inducción de forma alterna o simultáneamente con corriente alterna de diferentes frecuencias.
12. Dispositivo según la reivindicación 11, caracterizado por que el dispositivo de control está configurado para hacer funcionar la calefacción por inducción con corriente alterna de al menos una primera y una segunda frecuencia.
13. Dispositivo según una o varias de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado por que los orificios de extracción atraviesan la pared del elemento tubular y desembocan en un canal de extracción dispuesto o configurado en el interior del elemento tubular.
14. Dispositivo según la reivindicación 13, caracterizado por que los orificios de extracción discurren oblicuamente hacia arriba en dirección al canal de extracción.
15. Dispositivo según una o varias de las reivindicaciones 13 a 14, caracterizado por que los orificios de extracción presentan una primera zona con una primera sección transversal de flujo y una segunda zona, que se une a la anterior, con una sección transversal de flujo reducida con respecto a la primera zona.

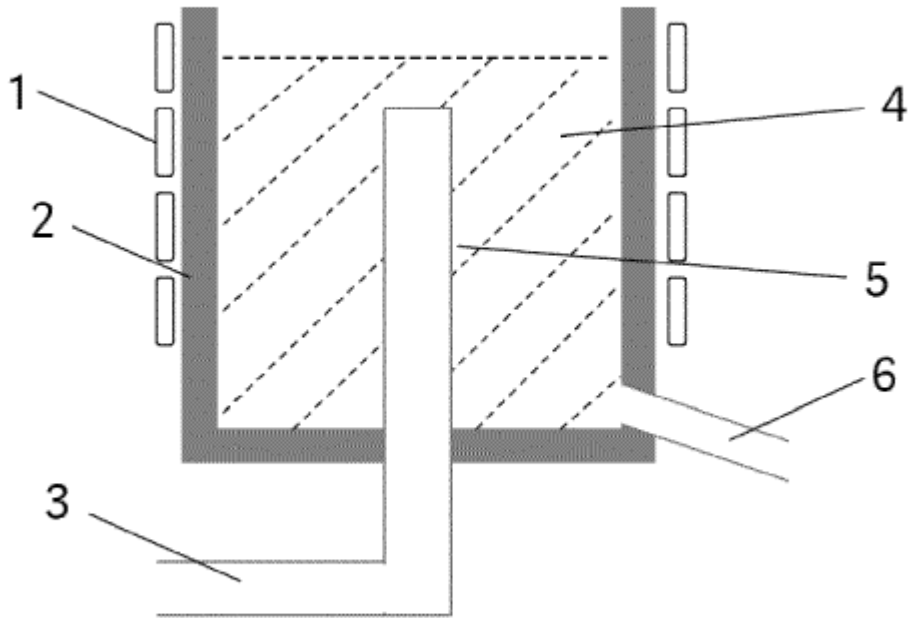


Figura 1

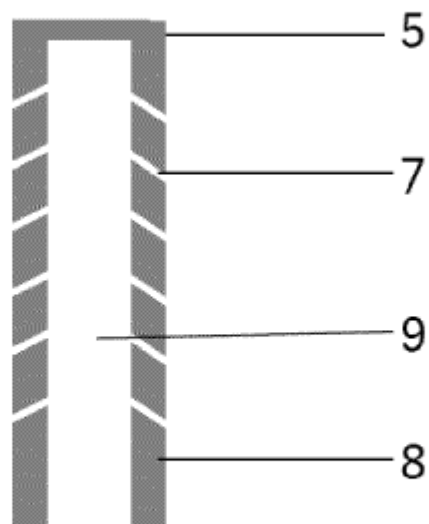


Figura 2

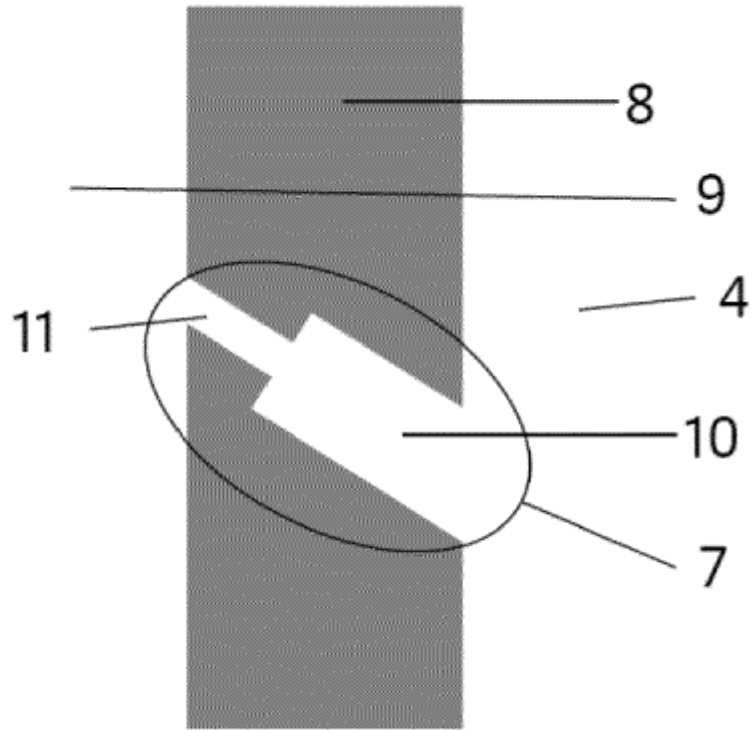


Figura 3