

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 845**

51 Int. Cl.:

B01J 8/18 (2006.01)

C01B 33/027 (2006.01)

C01B 33/029 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.11.2015 PCT/EP2015/075507**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.05.2016 WO16074978**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.11.2015 E 15795127 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.09.2018 EP 3218097**

54 Título: **Procedimiento para el montaje de un reactor de lecho fluidizado para la producción de granulado de silicio policristalino**

30 Prioridad:

10.11.2014 DE 102014222865

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

26.02.2019

73 Titular/es:

**WACKER CHEMIE AG (100.0%)
Hanns-Seidel-Platz 4
81737 München, DE**

72 Inventor/es:

**WECKESSER, DIRK;
FORSTPOINTNER, GERHARD y
HERTLEIN, HARALD**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 701 845 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 el montaje de un reactor de lecho fluidizado para la producción de granulado de silicio policristalino

5 La invención se refiere a un procedimiento para el montaje de un reactor de lecho fluidizado para la producción de granulado de silicio policristalino.

10 Granulado de silicio policristalino se produce en un reactor de lecho fluidizado o bien de lecho fluido. Esto tiene lugar mediante fluidización de partículas de silicio mediante una corriente de gas en un lecho fluidizado, siendo calentada ésta a temperaturas elevadas a través de un dispositivo calefactor. Mediante la adición de un gas de reacción con contenido en silicio, tiene lugar una reacción de separación en la superficie caliente de las partículas. En este caso, sobre las partículas de silicio se deposita silicio elemental, y las distintas partículas aumentan de diámetro. Mediante la retirada regular de partículas aumentadas y la adición de partículas de gérmenes de silicio más pequeñas, el procedimiento puede ser hecho funcionar de manera continua con todas las ventajas ligadas a ello. Como gas del educto con contenido en silicio se describen compuestos halogenados de silicio (p. ej., clorosilanos o bromosilanos), monosilano (SiH_4), así como a mezclas de estos gases con hidrógeno.

15 El documento US 4900411 A da a conocer un procedimiento para la obtención de silicio policristalino muy puro mediante la precipitación de silicio sobre partículas de silicio muy puras a partir de gas con contenido en silicio, tal como silano, diclorosilano, triclorosilano o tribromosilano, caracterizado por un reactor con un lecho fluidizado en el que, junto con partículas de inoculación de silicio se introduce un gas de reacción a través de un tubo de entrada, se aportan microondas, con el fin de calentar las partículas fluidizadas, de modo que a continuación precipita polisilicio.

20 El documento US 7029632 B2 da a conocer un reactor de lecho fluido con una envuelta sometida a presión, un tubo del reactor interno que transmite radiación de calor, una entrada para partículas de silicio, una entrada de forma tubular para la aportación de un gas de reacción, el cual divide al lecho fluido en una zona de caldeo y en una zona de reacción situada por encima, un dispositivo de distribución de gas para la aportación de un gas de fluidización en la zona de caldeo, una salida para el gas de reacción que no ha reaccionado, gas de fluidización, así como los
25 productos en forma de gas o vapor de la reacción, una salida para el producto, un dispositivo calefactor, así como un suministro de energía para el dispositivo calefactor, proponiéndose que el dispositivo calefactor sea una fuente de radiación para la radiación térmica que está dispuesto de forma anular en torno a la zona de caldeo, por fuera del tubo del reactor interno y sin contacto directo con éste, y está configurado de modo que mediante radiación térmica calienta las partículas de silicio en la zona de caldeo a una temperatura tal que en la zona de reacción se ajusta a la
30 temperatura de reacción.

La zona de caldeo y la zona de reacción están separadas verticalmente. Esto hace posible caldear el lecho fluido también con otros métodos de caldeo que no sean microondas, dado que en la zona de caldeo no se puede producir deposición en la pared alguna, dado que allí no está presente un gas con contenido en silicio. Está prevista una calefacción por radiación térmica con elementos calefactores planos que introduce el calor de forma uniforme por la
35 periferia del lecho fluido y de manera localmente definida.

En el caso del dispositivo calefactor se trata, por ejemplo, de elementos calefactores a base de silicio dotado o grafito o carburo de silicio, radiadores de tubos de cuarzo, radiadores de material cerámico o radiadores de alambres metálicos. En particular, en el caso del dispositivo calefactor se trata preferiblemente de un tubo ranurado en forma de meandro a base de grafito con revestimiento en la superficie de SiC , que está dispuesto verticalmente en el
40 reactor o colgando de las conexiones de los electrodos.

El documento US 4786477 A da a conocer un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento, que presenta un reactor con tubo de introducción de gas para la mezcla de gas de reacción en el extremo inferior, un tubo de salida de gas en el extremo superior, así como un tubo de aportación para las partículas de inoculación de silicio, caracterizado porque el reactor, que se compone de cuarzo, se encuentra en posición vertical sobre la línea central de un generador de calor, en el que está instalado un escudo de blindaje frente a microondas en la parte central y que está unido con generadores de microondas a través de tubos de conducción de microondas, estando dispuesta por debajo del reactor una placa distribuidora de gas y dentro de cada uno de los tubos de conducción de microondas una membrana de bloqueo de gas, y porque están previstos canales de refrigeración entre la pared del generador de calor y la pared externa del reactor, así como en la placa distribuidora de gas.

50 En una ejecución del dispositivo según el documento US 4786477 A, la salida de gas sobresale hacia el exterior y está colocada de forma suelta, encontrándose una junta de grafito en el punto de unión con el reactor de cuarzo. La junta de grafito es sostenida por un soporte que se encuentra en el lado de la salida de gas y que es solicitado por un muelle en dirección axial. Por consiguiente, la unión se mantiene mediante la presión del muelle a través del soporte sobre el reactor de cuarzo de una manera estanca, incluso cuando el reactor se mueva algo.

La parte superior del generador de calor, a través de la cual sobresale hacia fuera el tubo de salida de gas, es cerrada de forma estanca a los gases mediante una junta de PTFE y un soporte. El tubo de introducción de gas está unido con el extremo inferior del generador de calor y está incorporada una placa distribuidora de gas entre el tubo de entrada de gas y el extremo inferior del reactor de cuarzo. En la placa distribuidora de gas está formado un camino para agente refrigerante. Un tubo de salida para partículas está unido con la parte inferior del reactor de cuarzo y se extiende hacia un recipiente colector de silicio. Una junta de grafito impide la salida de gas de reacción en el punto entre el reactor de cuarzo y el generador de calor.

En otra forma de ejecución del dispositivo, el extremo superior del reactor de cuarzo está unido directamente con el tubo de salida de gas. El extremo inferior tiene una junta de gas que impide que escape gas de reacción del generador de calor, es decir, está incorporado un anillo tórico a base de grafito como junta entre la pestaña del generador de calor y la pestaña del reactor de cuarzo y la placa distribuidora de gas, con el fin de que reine una estanqueidad completa a los gases.

Los documentos US 2010/044342 A1 y US 4207360 A dan a conocer reactores de lecho fluidizado para la producción de granulado de silicio policristalino. Estos reactores se asemejan al reactor representado en la Fig. 1, sin embargo ninguno de los documentos dan a conocer la secuencia de la construcción de las piezas componentes de las que están constituidos estos reactores.

El documento US 2012269686 describe un procedimiento para el montaje de un reactor de lecho fluidizado. En el procedimiento, el revestimiento interno del tubo del reactor de varias partes se incorpora primeramente en la una o las dos partes del tiro. Después, la placa de fondo se dota de boquillas, electrodos y un calefactor. Luego, una de las partes del tiro dotadas con el primer revestimiento interno del reactor se coloca sobre la placa de fondo y se lleva a cabo el sellado del tubo del reactor a la placa de fondo.

Se ha demostrado que la secuencia del montaje de las distintas piezas componentes de un reactor de lecho fluidizado tiene una influencia considerable sobre su funcionalidad. Un problema esencial lo representa en este caso la estanqueidad a los gases de la cámara de reacción. Además, en el caso del montaje se puede producir un deterioro del tubo del reactor.

A partir de la problemática descrita resultó el planteamiento del problema de la invención.

El problema se resuelve mediante un procedimiento para el montaje de un reactor de lecho fluidizado para la producción de granulado de silicio policristalino, que comprende las siguientes etapas en la secuencia indicada:

- montar la placa de fondo (4) y unirla con tuberías de aportación de gas para gas de fluidización (21) y gas de reacción (22) y tubería de extracción de producto (20)
- dotar a la placa de fondo (4) de al menos una boquilla de gas de fluidización (6) y de al menos una boquilla de gas de reacción (5)
- introducir la junta (7) del tubo del reactor inferior en la placa de fondo (4)
- montar el tubo (8) del reactor sobre una junta (7) del tubo del reactor inferior
- colocar el tiro (1) del reactor con calefactor (10), electrodos (11) y partes de aislamiento (12, 13) por encima del tubo (8) del reactor
- montar la sujeción (14) superior del tubo del reactor con una junta (15) superior del tubo del reactor
- montar la cabeza (16) del reactor
- montar el dispositivo de aportación de gránulos (17) y tubería (18) de gas de escape.

Los autores de la invención han reconocido que una desviación de la secuencia de montaje de acuerdo con la invención puede conducir a que el tubo de reacción sea dañado y que el reactor no sea estanco a los gases en la cámara de reacción.

Además, no es posible montar el calefactor y aislamientos cuando la envoltura externa ya esté colocada. Se da una secuencia de montaje con éxito cuando el tubo de reacción no sea dañado, el reactor sea estanco a los gases y todas las partes del calefactor y de aislamiento estén dispuestas como es debido y funcionen bien. Además, mediante separaciones suficientes entre las piezas componentes aportadoras de corriente y los aislamientos debe garantizarse una resistencia del aislamiento correspondientemente suficiente.

Primeramente, se monta la placa de fondo y se conecta con las tuberías de aportación de gas para el gas de fluidización (p. ej., hidrógeno) y gas de reacción (p. ej., triclorosilano).

Además, la placa de fondo se conecta con la tubería de extracción de producto, con la cual se puede evacuar granulado de silicio policristalino del reactor.

ES 2 701 845 T3

Después, la placa de fondo se dota de las correspondientes boquillas, al menos con en cada caso una boquilla de gas de fluidización y una boquilla de gas de reacción.

A continuación, se coloca la junta del tubo del reactor inferior en la placa de fondo. Sobre ésta se monta el tubo del reactor.

- 5 Después, el tiro del reactor con el calefactor, electrodos y partes de aislamiento montados en el mismo se coloca por encima del tubo del reactor.

A continuación, se monta la sujeción superior del tubo del reactor con la junta del tubo del reactor superior.

Sobre la sujeción superior del tubo del reactor con la junta superior del tubo del reactor se monta la cabeza del reactor.

- 10 Finalmente, se montan el dispositivo de aportación de gránulos y la tubería del gas de escape.

Preferiblemente, en la cabeza del reactor se montan dispositivos de medición. Con los dispositivos de medición se miden preferiblemente la presión del reactor en la parte superior, así como, mediante un pirómetro, a través de una mirilla la temperatura del lecho fluidizado. En una forma de realización, una grabación de la cámara tiene lugar a través de una mirilla.

- 15 En una forma de realización, una pieza componente cilíndrica se vuelca boca abajo en torno al tubo del reactor montado, antes de que se coloque el tiro del reactor. En este caso, el tiro del reactor con el calefactor, los electrodos y las partes de aislamiento montadas en el mismo se coloca por encima de la pieza componente cilíndrica.

En estado montado, la pieza componente cilíndrica se encuentra entre el tubo del reactor y el dispositivo calefactor.

- 20 La pieza componente cilíndrica presenta sobre su superficie envolvente orificios, en donde al menos el 5% y a lo sumo el 95% de la superficie envolvente están abiertos. Por la característica de que al menos el 5% y a lo sumo el 95% de la superficie envolvente de la pieza componente cilíndrica estén abiertos, se ha de entender que una relación de superficie libre (suma de las superficies de los orificios) a la superficie envolvente global de la pieza componente asciende a 5-95%.

Preferiblemente, esta relación asciende a 40-70%, de manera particularmente preferida a 45-60%.

- 25 En el caso de los orificios se puede tratar de rendijas, recortes, mallas, taladros, etc.

La pieza componente puede tener, por ejemplo, la forma de una rejilla cilíndrica.

Hacia arriba o hacia abajo o en ambas direcciones (superficie de fondo y de cubrición del cilindro), la pieza componente está preferiblemente abierta. Esto facilita el desmontaje del reactor.

- 30 En el caso del dispositivo calefactor se puede tratar de un calefactor en forma de meandro o de una pluralidad de elementos calefactores o bien listones calefactores.

Preferiblemente, el dispositivo calefactor se compone de varios elementos calefactores dispuestos concéntricamente en torno al tubo del reactor interior. Entre los elementos calefactores y el tubo del reactor interior se encuentra en este caso, preferiblemente, la pieza componente que asimismo está dispuesta concéntrica en torno al tubo del reactor interior.

- 35 Preferiblemente, la pieza componente se compone de un material que conduce bien el calor. La energía de calefacción es transmitida mediante radiación térmica y conducción térmica al elemento constructivo y hace que éste se caliente al rojo.

También se prefiere emplear una pieza componente que se componga de un material que sea permeable a la energía de radiación del dispositivo calefactor.

- 40 Preferiblemente, los elementos calefactores se encuentran en orificios de la superficie envolvente de la pieza componente. En el caso de los orificios se puede tratar de recortes en los que se encuentran los listones calefactores.

Preferiblemente, la pieza componente comprende un material elegido del grupo consistente en grafito, CFC, silicio, SiC y vidrio de cuarzo. La pieza componente puede consistir en uno o varios de los materiales mencionados. Asimismo, la pieza componente puede estar revestida con uno o varios de los materiales mencionados.

5 Sorprendentemente, se ha demostrado que el uso de una pieza componente precedentemente mencionada entre el dispositivo calefactor y el tubo del reactor junto a una homogeneización de la temperatura es también adecuado para proteger al dispositivo calefactor durante la retirada del reactor.

En el estado de la técnica, como consecuencia de la rotura del tubo del reactor, se produjeron también daños en los elementos calefactores. Esto se puede evitar mediante la presente invención. La pieza componente es insensible frente a partes rompibles del tubo del reactor y puede utilizarse de nuevo.

10 Además, a diferencia del estado de la técnica, no está presente blindaje contra la radiación alguno, dado que la pieza componente presenta orificios y, con ello, la incorporación de energía en la capa fluidizada tiene lugar de manera rentable.

15 El montaje del reactor de lecho fluidizado debería tener lugar según el procedimiento de acuerdo con la invención precedentemente explicado, dado que la secuencia de montaje definida en el mismo asegura que el montaje tenga lugar sin errores y sin daños y que el reactor de lecho fluidizado sea estanco a los gases.

Preferiblemente, el reactor de lecho fluidizado comprende también una pieza componente (9) cilíndrica precedentemente descrita entre el tubo (8) del reactor y el calefactor (10), que presenta en su superficie envolvente orificios, en donde al menos el 5% y a lo sumo el 95% de la superficie envolvente está abierta.

20 Preferiblemente, el reactor de lecho fluidizado comprende, además, dispositivos de medición (19) que están montados en la cabeza (16) del reactor. Con los dispositivos de medición se miden preferiblemente la presión del reactor en la parte superior, así como mediante un pirómetro a través de una mirilla la temperatura del lecho fluidizado. En una forma de realización, una grabación de cámara tiene lugar a través de una mirilla.

25 El tubo del reactor se compone preferiblemente de un material muy puro y resistente a altas temperaturas, en particular de vidrio de cuarzo, SiN o SiC, pudiendo estar revestido por CVD el tubo del reactor también al menos sobre la cara orientada hacia la reacción.

30 La prescripción de montaje de acuerdo con la invención asegura una estanqueidad suficiente de la zona de reacción frente a la envolvente intermedia y una estanqueidad suficiente de la envolvente resistente a la presión (tiro del reactor) con respecto al entorno. Se asegura que en el caso del montaje del tubo del reactor no sea dañado bajo circunstancias normales. Las piezas componentes de aislamiento, los electrodos y el calefactor se pueden fijar correctamente. Se puede garantizar una resistencia de aislamiento suficientemente elevada.

35 Después del montaje del reactor de lecho fluidizado, con éste se puede producir granulado de silicio policristalino al fluidizar partículas germinales de silicio mediante una corriente de gas en un lecho fluidizado calentado mediante un dispositivo calefactor, separándose mediante la adición de un gas de reacción con contenido en silicio, silicio policristalino en las superficies calientes de las partículas germinales de silicio, con lo cual se forma el granulado de silicio policristalino.

Preferiblemente, el granulado de silicio policristalino resultante se retira del reactor de lecho fluidizado.

Preferiblemente, el procedimiento se hace funcionar de modo continuo, evacuando del reactor mediante deposición partículas aumentadas en diámetro y aportándose dosificadamente partículas germinales de silicio nuevas.

40 Preferiblemente, como gas de reacción con contenido en silicio se utiliza triclorosilano. La temperatura del lecho fluidizado en la zona de reacción asciende en este caso a 850-1400°C.

Asimismo, se prefiere emplear monosilano como gas de reacción con contenido en silicio. La temperatura del lecho fluidizado en la zona de reacción asciende preferiblemente a 550-850°C.

Además, se prefiere emplear diclorosilano como gas de reacción con contenido en silicio. La temperatura del lecho fluidizado en la zona de reacción asciende preferiblemente a 600-1000 °C.

45 En el caso del gas de fluidización se trata preferiblemente de hidrógeno.

El gas de reacción se inyecta a través de una o varias boquillas en el lecho fluidizado. Las velocidades locales del gas en la salida de las boquillas ascienden preferiblemente a 0,5 hasta 200 m/s.

5 La concentración del gas de reacción con contenido en silicio asciende, referido a toda la cantidad de gas que fluye a través del lecho fluidizado, preferiblemente a 5% en moles hasta 50% en moles, de manera particularmente preferida a 15% en moles hasta 40% en moles.

La concentración del gas de reacción con contenido en silicio en las boquillas del gas de reacción asciende, referido a toda la cantidad de gas que fluye a través de las boquillas de gas de reacción, preferiblemente a 20% en moles hasta 80% en moles, de manera particularmente preferida a 30% en moles hasta 60% en moles. Como gas de reacción con contenido en silicio pasa a emplearse preferiblemente triclorosilano.

10 La presión del reactor asciende a 0 hasta 7,0 bar de sobrepresión, preferiblemente a 0,5 hasta 4,5 bar de sobrepresión.

15 En el caso de un reactor con un diámetro de, p. ej., 400 mm, el caudal másico en el gas de reacción con contenido en silicio asciende preferiblemente a 200 hasta 600 kg/h. El caudal volumétrico de hidrógeno asciende preferiblemente a 100 hasta 300 Nm³/h. Para reactores grandes se prefieren cantidades elevadas de gas de reacción con contenido en silicio y H₂.

Resulta evidente para el experto en la materia el que algunos parámetros del proceso se pueden elegir de manera ideal en función del tamaño del reactor. Por lo tanto, en lo que sigue se mencionan datos de funcionamiento normalizados a la superficie en sección transversal del reactor en los que se aplica preferiblemente el procedimiento de acuerdo con la invención.

20 El caudal másico específico en gas de reacción con contenido en silicio asciende preferiblemente a 1600-6500 kg/(h*m²).

El caudal volumétrico de hidrógeno específico asciende preferiblemente a 800-4000 Nm³/(h*m²).

El peso específico del lecho asciende preferiblemente a 700-2000 kg/m².

La tasa específica de dosificación de partículas germinales de silicio asciende preferiblemente a 7-25 kg/(h*m²).

25 El rendimiento calefactor específico del reactor asciende preferiblemente a 800-3000 kW/m².

El tiempo de permanencia del gas de la reacción en el lecho fluidizado asciende preferiblemente a 0,1 hasta 10 s, de manera particularmente preferida a 0,2 hasta 5 s.

Breve descripción de la figura

La **Fig. 1** muestra la estructura esquemática de un reactor de lecho fluidizado montado.

30 Lista de símbolos de referencia

- | | | |
|----|-----------|--|
| | 1 | tiro del reactor |
| | 2 | envolvente intermedia |
| | 3 | cámara de reacción |
| | 4 | placa de fondo |
| 35 | 5 | boquillas de gas de reacción |
| | 6 | boquillas de fluidización |
| | 7 | junta inferior del tubo del reactor |
| | 8 | tubo del reactor |
| | 9 | pieza componente cilíndrica |
| 40 | 10 | calefactor |
| | 11 | electrodos |
| | 12 | aislamiento en la zona de caldeo |
| | 13 | aislamiento en la zona no caldeada |
| | 14 | sujeción superior del tubo del reactor |
| 45 | 15 | junta superior del tubo del reactor |
| | 16 | cabeza del reactor |
| | 17 | dispositivo de aportación de gránulos |

- 18** tubería de gas de escape
- 19** dispositivos de medición
- 20** tubería de retirada de producto
- 21** tubería de alimentación de gas de fluidización
- 5 **22** tubería de alimentación de gas de reacción

El reactor de lecho fluidizado comprende un tiro **1** del reactor en el que está montado un tubo **8** del reactor y que está limitado hacia arriba por la cabeza **16** del reactor y hacia abajo por la placa **4** de fondo.

10 Entre una pared interna del tiro **1** del reactor y la pared externa del tubo **8** del reactor se encuentra una envolvente intermedia **2**. Esta envolvente intermedia **2** contiene un calefactor **10** que está conectado con electrodos **11**, así como material de aislamiento, a saber el aislamiento **12** en la zona de caldeo y el aislamiento **13** en la zona no caldeada.

La envolvente intermedia **2** es cargada con un gas inerte o bien es arrastrada con un gas inerte. La presión en la envolvente intermedia **2** puede ser mayor que en la cámara de reacción **3** que está limitada por las paredes del tubo **8** del reactor.

15 En el interior del tubo **8** del reactor se encuentra el lecho fluidizado a base de granulado de polisilicio.

Como gases de alimentación se aportan al reactor el gas de fluidización a través de boquillas de fluidización **6** y la mezcla de gases de reacción a través de boquillas de gas de reacción **5**.

La altura de las boquillas de gas de reacción **5** puede diferenciarse de la altura de las boquillas de fluidización **6**.

20 Por encima del tubo **8** del reactor está volcada boca abajo una pieza componente **9** cilíndrica con el fin de proteger en el caso de determinadas construcciones del reactor y procesos al calefactor durante la extracción y homogeneizar la temperatura.

La cabeza **16** del reactor puede tener una sección transversal mayor que el lecho fluidizado. La cabeza **16** del reactor está fijada en la sujeción **14** superior del tubo del reactor.

A través de un dispositivo de aportación de gránulos **17** se aportan al reactor gránulos en la cabeza **16** del reactor.

25 El granulado de silicio policristalino es retirado de la placa de fondo **4** a través de una tubería **20** de retirada de producto.

En la cabeza **16** del reactor, el gas de escape del reactor es retirado mediante la tubería de gas de escape **18**.

30 El tubo **8** del reactor está sellado frente a la placa de fondo **4**, así como frente a la sujeción **14** superior del tubo del reactor, a saber, la junta **7** inferior del tubo del reactor y la junta **15** superior del tubo del reactor, de modo que el tubo del reactor es estanco a los gases.

Además, en la cabeza **16** del reactor están montados dispositivos de medición **19**. Con los dispositivos de medición **19** se miden preferiblemente la presión del reactor en la parte superior, así como mediante un pirómetro y a través de una mirilla, la temperatura del lecho fluidizado. En una forma de realización, una grabación de cámara tiene lugar a través de una mirilla.

35

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el montaje de un reactor de lecho fluidizado para la producción de granulado de silicio policristalino, que comprende las siguientes etapas en la secuencia indicada:
- 5 - montar la placa del fondo (4) y unirla con tuberías de aportación de gas para gas de fluidización (21) y gas de reacción (22) y tubería de extracción de producto (20);
 - dotar a la placa de fondo (4) de al menos una boquilla de gas de fluidización (6) y de al menos una boquilla de gas de reacción (5);
 - introducir la junta (7) del tubo del reactor inferior en la placa de fondo (4);
 - montar el tubo (8) del reactor sobre una junta (7) inferior del tubo del reactor
 - 10 - colocar el tiro (1) del reactor con calefactor (10), electrodos (11) y partes de aislamiento (12, 13) por encima del tubo (8) del reactor;
 - montar la sujeción (14) superior del tubo del reactor con una junta (15) superior del tubo del reactor;
 - montar la cabeza (16) del reactor;
 - montar el dispositivo de aportación de gránulos (17) y tubería (18) de gas de escape.

Fig. 1

