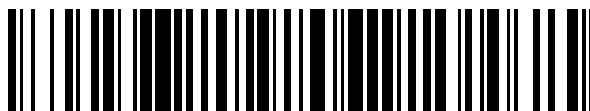


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 624 858**

51 Int. Cl.:

B01J 8/24 (2006.01)

B01J 8/38 (2006.01)

C08F 10/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.06.2010 E 10166314 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.04.2017 EP 2397221**

54 Título: **Sistema de control para un reactor en fase gaseosa, un reactor en fase gaseosa para la producción catalítica de poliolefinas, un método para producciones catalíticas de poliolefinas y un uso del sistema de control**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.07.2017

73 Titular/es:

**BOREALIS AG (100.0%)
Wagramerstrasse 17-19
1220 Vienna, AT**

72 Inventor/es:

**MARTIN, SANNA;
ELOVAINIO, ERNO y
ZITTING, SAMULI**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 624 858 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

Sistema de control para un reactor en fase gaseosa, un reactor en fase gaseosa para la producción catalítica de poliolefinas, un método para producciones catalíticas de poliolefinas y un uso del sistema de control

5 La invención se refiere a un sistema de control para un reactor de fase gaseosa según la reivindicación 1, un reactor de fase gaseosa para la producción catalítica de poliolefinas con un sistema de control según la reivindicación 5, un método para la producción catalítica de poliolefinas de acuerdo con la reivindicación 7 y un uso del sistema de control según la reivindicación 12.

10 En la operación de procesos de producción de poliolefina catalítica, con frecuencia supone un problema la formación de aglomeraciones de partículas, también denominadas grumos o trozos, en reactores en fase gaseosa. La aglomeración de partículas de polímero da lugar a perturbaciones en el régimen de caudal hidrodinámico en el reactor en fase gaseosa que es perjudicial para la distribución del tamaño de partícula. Además, la aglomeración da lugar a una distribución de temperatura subóptima dentro del reactor en fase gaseosa que da como resultado partículas de polímero con propiedades muy diferentes. Otro posible problema es la formación de partículas de polímero pegajosas que podrían adherirse a las paredes del reactor de fase gaseosa, adherirse a una rejilla de fluidización en el reactor de fase gaseosa o adherirse a dispositivos en los reactores de fase gaseosa tales como agitadores. Si no se vigilan, los aglomerados opcionales crecen de tamaño de manera que pueden tapar las líneas de extracción del producto y en el peor de los casos pueden llenar todo el reactor. En dichos casos, el reactor debe cerrarse. Por lo tanto, la detección y el control de la aglomeración de partículas dentro de los reactores de fase gaseosa es un problema.

25 En el presente documento las frases partículas aglomeradas, grumos y trozos se usan sinónimamente y representan agregados que tienen un tamaño en una dimensión de aproximadamente 50 mm o más. Son de forma irregular y pueden estar, por ejemplo, agregados en forma de disco de aproximadamente 50 x 50 x 10 mm. Se distinguen claramente de partículas de polímero que tienen un diámetro de aproximadamente 0,05 a aproximadamente 2 mm.

30 En el documento EP 233 787 A1 se describen una serie de medidas para detectar aglomeraciones en reactores de lecho fluidizado. Una posibilidad es la detección visual de aglomeraciones a través de ventanas en la pared del reactor de fase gaseosa que no es adecuado para el funcionamiento automático del proceso. Otros métodos para detectar aglomeraciones utilizan marcadores radioactivos o dispositivos complejos para medir diferencias de presión diferencial en el reactor en fase gaseosa. El documento EP 1 106 629 A1 describe un método que utiliza una barra de detección insertada en el reactor de fase gaseosa para detectar fluctuaciones de caudal magnético. Dada la complejidad operativa o estructural de estos métodos conocidos, se necesita un sistema eficiente para la detección y la reducción de aglomeraciones de partículas.

Este problema se resuelve mediante el sistema de control según la reivindicación 1.

40 El sistema de control comprende un dispositivo de detección para detectar un cambio en al menos un parámetro operativo de un dispositivo de agitación en el reactor de fase gaseosa. El parámetro operativo se selecciona entre la vibración, el par y/o el consumo de energía del dispositivo de agitación. El dispositivo de detección comprende además medios para la generación de al menos una señal de control dependiente del cambio, la señal de control que actúa sobre una variable manipulada del reactor de fase gaseosa, un lecho fluidizado y/o el dispositivo de agitación para influir (por ejemplo, retardar, detener) la formación de aglomeraciones de partículas en el reactor en fase gaseosa y/o la eliminación de aglomeraciones de partículas del reactor en fase gaseosa. Se ha encontrado que los cambios en el parámetro operativo del dispositivo de agitación indican la formación de aglomeraciones de partículas, por ejemplo, la formación de trozos en torno al eje de un agitador. Estas mediciones se pueden utilizar como entrada al sistema de control que entonces automáticamente realiza una acción para contrarrestar la aglomeración ajustando una variable manipulada adecuada. Como alternativa, pueden activar automáticamente una alarma para que entonces un operador pueda iniciar manualmente acciones correctivas.

55 En una realización, el cambio en al menos un parámetro operativo es una desviación absoluta o relativa de los datos operativos previamente medidos del dispositivo de agitación por una cantidad predefinida. Como alternativa, el cambio también puede ser una desviación absoluta o relativa de los datos operativos previamente medidos del dispositivo de agitación por una cantidad predefinida dentro de un tiempo predefinido y/o una velocidad de cambio en los datos operativos del dispositivo de agitación que excede un criterio predefinido. Por lo tanto, el dispositivo de detección no solo puede medir las diferencias entre los parámetros operativos medidos y sus puntos de ajuste, sino también el desarrollo de parámetros operativos a lo largo del tiempo, es decir, la velocidad de cambio. En una realización, el cambio en al menos un parámetro operativo es un cambio de paso en el consumo de energía del dispositivo de agitación de más del 10 % durante un periodo de más de 30 minutos. Un cambio de paso en este contexto no significa un cambio de paso en el sentido matemático (es decir, un cambio instantáneo) puesto que los datos medidos siempre incluirán ruido y algunas respuestas no instantáneas. Normalmente en procesos reales el paso en sí no será un incremento vertical absoluto sino un cambio que se considera rápido en comparación con la dinámica general del proceso.

En otras realizaciones, el cambio en un parámetro operativo puede ser un impulso, es decir, un cambio repentino del parámetro también con una caída repentina de ese cambio. Un impulso puede resultar en un aumento de más del 30 % durante menos de 15 minutos, preferentemente menos de 5 minutos. Como alternativa, el cambio en un parámetro operativo también puede ser una señal en pendiente, es decir, una acumulación gradual (o ralentización) de un parámetro sin nivelación.

La naturaleza de los cambios de paso, los impulsos o las señales en pendiente en procesos reales se entiende bien en la ciencia de control.

Además, los datos operativos medidos del dispositivo de agitación pueden ser filtrados, integrados, promediados y/o procesados por un procesador de datos de autoaprendizaje. El procesamiento de los parámetros operativos medidos puede mejorar el rendimiento del sistema de control. Un procesador de datos de autoaprendizaje, tal como por ejemplo una red neural o una máquina vectorial de soporte, puede detectar automáticamente cuándo un cambio en los datos medidos se empieza a diferir del funcionamiento normal.

La señal de control está acoplada funcionalmente a un caudal de una corriente de extracción del reactor de fase gaseosa, un procesador para el cierre del reactor de fase gaseosa, un caudal de un retardador de polimerización, un caudal de un agente antiestático y un sistema de alarma para el operador. Si el sistema de control detecta la formación de aglomeraciones de partículas, puede extraer selectivamente material del reactor de fase gaseosa para evitar una aglomeración adicional.

Las variables manipuladas también se podrían denominar actuadores. Esas variables manipuladas (o actuadores) solas o en combinación pueden influir en la aglomeración de partículas, es decir, la aglomeración de partículas se ve retardada.

El sistema de alarma por ejemplo puede comprender una señal visual y/o acústica en la pantalla de supervisión o una impresión. El operador puede entonces actuar sobre la alarma, por ejemplo, iniciando el cierre del reactor, de modo que las aglomeraciones de partículas se pueden extraer antes de que se vuelvan tan grandes que requieran una gran cantidad de trabajo para eliminarlas del reactor.

El problema también se resuelve mediante un reactor de fase gaseosa para la producción catalítica de poliolefinas, en particular polietileno o polipropileno, que comprende un sistema de control según las reivindicaciones 1 a 4. En una realización del reactor en fase gaseosa el dispositivo de agitación comprende un agitador.

La alimentación de un retardador de polimerización puede comprender CO₂, CO, oxígeno, un gas que contiene oxígeno y/o un gas que contiene azufre. Son posibles mezclas de retardadores de polimerización. La alimentación de un agente antiestático puede comprender una cetona (por ejemplo, hasta C₇, tal como acetona, metilisobutilcetona), un alcohol (por ejemplo, alcoholes C₁ a C₈ tales como metanol, etanol, isopropanol), agua, una amina (por ejemplo, N-alquil-dietanolaminas de fórmula: CH₃(CH)_nCH₂-N(CH₂CH₂OH)₂, en la que n es superior a 2), una amida y/o un éster (por ejemplo un hidroxíster que tiene al menos dos grupos hidroxilo libres obtenidos a partir de ácidos carboxílicos que tienen de 8 a 22 átomos de carbono y de polialcohol).

El problema también se resuelve mediante un método para la producción catalítica de poliolefinas, en particular un proceso BORSTAR para producir polietileno o polipropileno que comprende al menos un reactor de fase gaseosa de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 5 y 6.

En una realización del método, la presión media en el al menos un reactor de fase gaseosa está en el intervalo entre 10 y 40 bares (1-4 MPa) y la temperatura media está en el intervalo entre 50 y 105 °C, preferentemente entre 60 y 100 °C.

En otra realización, el método se lleva a cabo usando al menos un reactor de bucle proporcionando al menos una corriente de alimentación para el al menos un reactor de fase gaseosa.

En una realización adicional, el sistema de control se utiliza en una disposición para la producción de poliolefina, en particular polietileno o polipropileno.

Las formas de realización mencionadas y otras realizaciones del sistema de control, el reactor de fase gaseosa, el método y el uso del sistema de control se describirán adicionalmente en las siguientes figuras que son ilustraciones de las realizaciones sin limitar el alcance de la presente invención.

- La Fig. 1 muestra esquemáticamente una realización de un reactor de fase gaseosa para la producción de una poliolefina con una realización de un sistema de control para aglomeraciones de partículas;
- La Fig. 2 muestra un ejemplo para un parámetro operativo medido de un dispositivo de agitación, es decir, la potencia de un agitador;
- La Fig. 3 muestra esquemáticamente una realización de un proceso de producción de una poliolefina que comprende un reactor de fase gaseosa con un sistema de control para aglomeración de partículas.

En un reactor de fase gaseosa en lecho fluidizado 100, se polimeriza una olefina en presencia de un catalizador de polimerización en una corriente de gas que se mueve hacia arriba. El reactor normalmente contiene un lecho fluidizado 10 que comprende las partículas de polímero en crecimiento que contienen el catalizador activo situado por encima de una rejilla de fluidización.

5 El lecho de polímero se fluidiza con la ayuda del gas de fluidización 2 que comprende el monómero de olefina, comonómero(s) opcional, controladores de crecimiento de cadena o agentes de transferencia de cadena opcionales, tales como hidrógeno y gas inerte opcional. El gas de fluidización se introduce en una cámara de entrada en la parte inferior del reactor de fase gaseosa 100. Para asegurarse de que el caudal de gas está distribuido uniformemente sobre el área superficial en la sección transversal de la cámara de entrada, el tubo de entrada puede estar equipado con un elemento de división del caudal como se conoce en la técnica, por ejemplo de los documentos US-A-4933149 y EP-A-684871.

15 A partir de la cámara de entrada, el caudal de gas se pasa hacia arriba a través de una rejilla de fluidización 3 en el lecho fluidizado 10. El fin de la rejilla de fluidización 3 es dividir el caudal de gas uniformemente a través del área de la sección transversal del lecho. A veces, la rejilla de fluidización 3 puede estar dispuesta para establecer una corriente de gas que barra a lo largo de las paredes del reactor, como se describe en el documento WO-A-2005/087361. Otros tipos de rejillas de fluidización 3 se describen, entre otros, en los documentos US-A-4578879, EP 600414 y EP-A-721798. Una visión general se da en Geldart y The Design of Distributors for Gas-fluidized Beds, Powder Technology, Vol. 42, 1985.

25 El gas de fluidización pasa a través del lecho fluidizado 10. La velocidad superficial del gas de fluidización debe ser mayor que la velocidad de fluidización mínima de las partículas contenidas en el lecho fluidizado 10, ya que de lo contrario no se produciría fluidización. Por otra parte, la velocidad del gas debe ser inferior a la velocidad de inicio del transporte neumático, ya que de lo contrario el lecho entero sería arrastrado con el gas de fluidización. La velocidad de fluidización mínima y la velocidad de inicio del transporte neumático se pueden calcular cuando se conocen las características de las partículas mediante la práctica de ingeniería común. Cuando el gas de fluidización se pone en contacto con el lecho que contiene el catalizador activo, los componentes reactivos del gas, tales como monómeros y agentes de transferencia de cadena, reaccionan en presencia del catalizador para producir el producto polímero. Al mismo tiempo, el gas es calentado por el calor de reacción.

35 El gas de fluidización que no ha reaccionado se elimina de la parte superior del reactor de fase gaseosa 100 y se enfría en un intercambiador de calor 6 para eliminar el calor de reacción. El gas se enfría a una temperatura que es inferior a la del lecho 10 para evitar que el lecho 10 se caliente debido a la reacción. Es posible enfriar el gas a una temperatura a la que una parte de él se condensa. Cuando las gotitas de líquido entran en la zona de reacción, se vaporizan. El calor de vaporización contribuye entonces a la eliminación del calor de reacción. Este tipo de operación se denomina modo condensado y sus variaciones se describen, entre otros, en los documentos WO-A-2007/025640, US-A-4543399, EP-A-699213 y WO-A-94/25495. También es posible añadir agentes de condensación a la corriente de gas de reciclado, como se describe en el documento EP-A-696293. Los agentes de condensación son componentes no polimerizables, tales como n-pentano, isopentano, n-butano o isobuteno, que son al menos parcialmente condensados en el refrigerador.

45 A continuación, el gas se comprime y se recicla en la cámara de entrada del reactor de fase gaseosa 100. Antes de la entrada en el reactor se introducen reactantes frescos en la corriente de gas de fluidización para compensar las pérdidas causadas por la reacción y la retirada del producto. Generalmente se sabe cómo analizar la composición del gas de fluidización e introducir los componentes de gas para mantener la composición constante. La composición real se determina por las propiedades deseadas del producto y el catalizador utilizado en la polimerización.

50 El catalizador se puede introducir en el reactor de varias maneras, de forma continua o intermitente. Entre otros, los documentos WO-A-01/05845 y EP-A-499759 describen dichos métodos. Cuando el reactor de fase gaseosa es una parte de una cascada de reactores, normalmente el catalizador se dispersa dentro de las partículas de polímero de la etapa de polimerización precedente. Las partículas de polímero pueden introducirse en el reactor en fase gaseosa como se describe en los documentos EP-A-1415999 y WO-A-00/26258.

55 El producto polimérico se puede retirar del reactor de fase gaseosa de forma continua o intermitente. También se pueden utilizar combinaciones de estos métodos. La retirada continua se describe, entre otros, en el documento WO-A-00/29452. La retirada intermitente se describe, entre otros, en los documentos US-A-4621952, EP-A-188125, EP-A-250169 y EP-A-579426.

60 La parte superior del reactor de fase gaseosa 100 puede incluir una denominada zona de desacoplamiento. En una zona de este tipo se aumenta el diámetro del reactor para reducir la velocidad del gas y permitir que las partículas que se transportan desde el lecho con el gas de fluidización vuelvan a asentarse en el lecho.

65 El nivel del lecho se puede observar mediante diferentes técnicas conocidas en la técnica. Por ejemplo, se puede registrar la diferencia de presión entre el fondo del reactor y una altura específica del lecho en toda la longitud del

reactor y se puede calcular el nivel del lecho sobre la base de los valores de diferencia de presión. Dicho cálculo proporciona un nivel de tiempo medio. También es posible utilizar sensores ultrasónicos o sensores radiactivos. Con estos métodos pueden obtenerse niveles instantáneos, que, por supuesto, pueden promediarse a lo largo del tiempo para obtener un nivel de lecho medido en el tiempo.

5 Si es necesario, también se pueden introducir agentes antiestáticos en el reactor de fase gaseosa. Los agentes antiestáticos adecuados y los métodos para usarlos se describen, entre otros, en los documentos US-A-5026795, US-A-4803251, US-A-4532311, US-A-4855370 y EP-A-560035. Habitualmente son compuestos polares e incluyen, entre otros, agua, cetonas, aldehídos y alcoholes.

10 El reactor también puede incluir un agitador mecánico 1 para facilitar adicionalmente la mezcla dentro del lecho fluidizado. En el documento EP-A-707513 se da un ejemplo de diseño de agitador adecuado.

15 En la Fig. 1, se muestra un reactor de fase gaseosa 100 con un lecho fluidizado 10 para fabricar una poliolefina tal como, por ejemplo, polietileno o polipropileno. El lecho fluidizado 10 está situado en la parte inferior del reactor de fase gaseosa 100. Se inyecta una corriente de gas de fluidización 2 en el fondo del reactor de fase gaseosa 100 a través de una rejilla de fluidización 3.

20 En la parte superior (en el presente documento con un espacio de desacoplamiento que tiene un diámetro mayor que la parte inferior) del reactor de fase gaseosa 100, las partículas sólidas disminuyen su velocidad de modo que se separan en gran parte de la fase gaseosa.

25 Una corriente de alimentación 4 al reactor de fase gaseosa 100 comprende, por ejemplo, un polímero de peso molecular relativamente bajo de un reactor de bucle 210 (véase la figura 3). El reactor de fase gaseosa 100 comprende además salidas de producto 9a, 9b. Una salida de producto continua 9a tiene un diámetro relativamente pequeño. La salida del producto discontinuo 9b tiene un diámetro relativamente grande. La salida de producto continuo 9a más pequeña tiende a bloquearse primero con aglomeraciones. El diámetro mayor de la salida del producto discontinuo 9b permite un vaciado rápido del reactor 100 en fase gaseosa, si fuera necesario.

30 La salida continua de producto 9a normalmente está situada en el centro del lecho fluidizado 10 de manera que la distancia de la salida continua de producto 9a a la rejilla de fluidización 3 es aproximadamente el 50 % de la altura total del lecho fluidizado 10. La salida discontinua de producto 9b normalmente está situada inmediatamente encima de la rejilla de fluidización 3. Como los aglomerados de partículas son relativamente pesados tienden a caer a la rejilla de fluidización 3. Tanto 9a como 9b se usan en funcionamiento normal. A continuación, la salida continua de producto 9a retira la parte principal del polímero, mientras que 9b se utiliza para retirar grumos de la región de la rejilla de fluidización 3.

35 El tiempo de actuación de la salida discontinuo del producto 9b se puede ajustar dependiendo de la cantidad de aglomeraciones de partículas que se formen. Si no hay aglomeraciones presentes, entonces el caudal a través de la salida del producto discontinuo 9b se puede ajustar para operar a una frecuencia baja, por ejemplo una vez cada hora.

40 El experto en la materia reconocerá que la posición de la corriente de alimentación 4 y las salidas de producto 9a, 9b en el reactor de fase gaseosa 100 de la Fig. 1 es a modo de ejemplo; otras realizaciones tendrán disposiciones diferentes.

45 En la parte superior del reactor 100 de fase gaseosa, se retira gas 100, que comprende algunas partículas sólidas, a través de una línea de circulación de gas y se hace pasar a través de un separador 5 de sólido-gas (por ejemplo un ciclón), un intercambiador de calor 6 y un compresor de gas circulante 7. El gas presurizado y algo de gas de alimentación fresco 8 comprenden entonces la corriente de gas de fluidización 2. El experto en la materia reconocerá que esta descripción estructural de un reactor de fase gaseosa 100 es a modo de ejemplo, de manera que son posibles otras configuraciones.

50 El lecho fluidizado 10 del reactor de fase gaseosa 100 comprende un dispositivo de agitación 1 para conferir energía mecánica a la mezcla de sólidos y gases del lecho fluidizado 10. El dispositivo de agitación 1 en la realización representada es un agitador o mezclador con una pluralidad de cuchillas. Otras realizaciones utilizan un tipo de dispositivo de agitación diferente, por ejemplo, un impulsor con un solo conjunto de cuchillas o un anclaje en forma de H.

55 El dispositivo de agitación 1 en la realización mostrada está accionado por un motor eléctrico 11 tal como un impulsor. El dispositivo de agitación 1 y/o el impulsor 11 del dispositivo de agitación 1 están acoplados a un dispositivo de detección 20 (por ejemplo, un ordenador con entradas para los datos medidos) que mide el al menos un parámetro operativo del dispositivo de agitación 1. En esta realización, es el consumo de energía del motor 11. En otras realizaciones, los parámetros de funcionamiento del dispositivo de agitación 1 se podrían medir en el propio dispositivo de agitación 1 (por ejemplo, velocidad de rotación) o en el impulsor 11 del dispositivo de agitación 1 (por ejemplo, el par). En general, cualquier parámetro medible que permita evaluar el comportamiento o estado del

dispositivo de agitación 1, ya sea una medición directa en el dispositivo de agitación 1 o un dispositivo conectado tal como el impulsor 11, se considera un parámetro operativo del dispositivo de agitación 1.

5 La medición y el procesamiento de parámetros operativos, tales como el consumo de energía, permite evaluar la aglomeración de partículas dentro del reactor de fase gaseosa 100, en particular el lecho fluidizado 10. En la Fig. 2 se muestra el consumo de energía medido del impulsor 11 del dispositivo de agitación 1 en un reactor de fase gaseosa 100 como se ha descrito anteriormente en relación con la Fig. 1 durante aproximadamente 14 días (entre el 16 de marzo y el 31 de marzo). En este caso, los datos de consumo de energía están sin filtrar.

10 Aproximadamente hasta el 26 de marzo, el consumo de energía promedio es de aproximadamente 5 kW. Las fluctuaciones alrededor de este valor medio son de aproximadamente el 10 %. El 27 de marzo, el consumo de energía muestra un cambio 30, es decir, un aumento en un tiempo relativamente corto (aproximadamente 4 h) a 7,3 kW (promediado) y permanece en este nivel durante aproximadamente dos días. Se trata de un aumento del 38 % por encima del nivel promedio del consumo de energía. El aumento relativamente repentino en forma de cambio de paso ha de ser debido a algunos cambios internos dentro del lecho fluidizado 10. La inspección del reactor de fase gaseosa 100 mostró aglomeración de partículas.

20 Después de dos días a un nivel de 7,3 kW, el consumo de energía disminuyó, debido a que algunas aglomeraciones de partículas se eliminaron a través de la salida del producto discontinuo 9b, pero no al nivel anterior. El 29 de marzo, el consumo de energía aumentó a 7,6 kW y el proceso se tuvo que detener, es decir, el reactor de fase gaseosa 100 se apagó para su limpieza. Se demostró que las salidas de productos 9a, 9b estaban obstruidas con aglomeraciones y se habían formado aglomeraciones alrededor del eje del dispositivo de agitación 1 que requería la limpieza del equipo.

25 Esto muestra que un cambio relativamente repentino en el consumo de energía del dispositivo de agitación 1 es un indicador eficaz de la formación de aglomeración.

En otros casos se observó el mismo comportamiento, indicado por los siguientes datos:

Fecha	Nivel básico de consumo de energía	Consumo de energía después del cambio	Cambio
09.03.	5 kW	6,5 kW	+ 30 %
07.04.	5 kW	6,5 kW	+ 30 %
29.04.	5,5 kW	6,7 kW	+ 22 %
21.05.	5 kW	6,7 kW	+ 34 %

30 Un cambio, como se describe en este contexto, no se limita a un cambio de paso. En otras realizaciones, el cambio en un parámetro operativo puede ser un impulso, es decir, un cambio repentino del parámetro también con una caída repentina de ese cambio. Un impulso puede resultar en un aumento de más del 30 % durante menos de 15 minutos. Como alternativa, el cambio en un parámetro operativo también puede ser una señal en pendiente, es decir, una acumulación gradual (o ralentización) de un parámetro sin nivelación.

En algunos casos, los cambios en el consumo de energía se detectaron durante un cambio de grado (es decir, un cambio en el tipo de polímero fabricado) y/o un cambio en el catalizador.

40 Por lo tanto, una realización de un reactor de fase gaseosa 100 como se muestra en la Fig. 1 está acoplado a un dispositivo de detección 20 para detectar un cambio 30 en al menos un parámetro operativo del dispositivo de agitación 1, en este caso el consumo de energía del dispositivo de agitación 1. El dispositivo de detección 20 periódicamente recibe mediciones, por ejemplo del consumo de energía, y se calcula un valor medio. Cuando se detecta un cambio 30 en el consumo de energía de, por ejemplo, más del 10 % por encima de la línea basal media del parámetro operativo, se genera una señal 40 de control que se utiliza para operar una o más variables manipuladas para influir (por ejemplo, retardar o detener) en la aglomeración en el reactor 100 en fase gaseosa. El dispositivo de detección 20 comprende medios para la generación de al menos una señal de control 40 que depende del cambio detectado 30 de manera que la al menos una señal 40 de control influya en el estado del reactor 100 en fase gaseosa, en el lecho fluidizado 10 y/o el dispositivo de agitación 1. La influencia está dirigida hacia la reducción de aglomeraciones en el reactor de fase gaseosa 100 como se explicará a continuación.

Como alternativa, la señal de control 40 se puede generar si el cambio 30 medido con respecto a un punto fijado predeterminado excede un determinado valor de umbral. En esta realización no es necesario el promediado de los datos medidos.

55 En una realización adicional, el dispositivo de detección 20 comprende medios de autoaprendizaje, tales como por ejemplo una red neural o una máquina de vectores de soporte para distinguir el funcionamiento normal de un funcionamiento anormal.

- El cambio 30 en el parámetro operativo puede ser una diferencia entre dos valores, como se ha mencionado anteriormente. Pero también podría ser un cambio en las velocidades de los parámetros operacionales. Un ejemplo sería si el consumo de energía aumentase en un determinado porcentaje relativo predeterminado durante un cierto tiempo predeterminado. Este aumento del consumo de energía también es un indicador para la aglomeración de partículas. En otras realizaciones se mide la vibración, el par y/o la velocidad de rotación del dispositivo de agitación
- 5 1. Las mediciones pueden comprender el cálculo de mediciones promediadas o mediciones integradas, tales como el error cuadrático integral. Con estas mediciones, puede evaluarse la importancia de cambios grandes pero cortos o cambios relativamente pequeños pero duraderos según las demandas de la situación.
- 10 Como en el caso del consumo de energía, los cambios 30 en la vibración, el par y/o la velocidad de rotación son indicadores de aglomeraciones en el reactor de fase gaseosa 100.
- El dispositivo de detección 20 es parte de un sistema de control para el reactor de fase gaseosa 100. En una realización simple, la señal de control generada 40 activa automáticamente un cierre del reactor de fase gaseosa
- 15 100 para la limpieza, es decir, las aglomeraciones han superado un cierto umbral que requiere la interrupción del proceso.
- En otra realización, la señal de control generada 40 activa automáticamente un sistema de alarma 43 que comprende una notificación (por ejemplo, luz de aviso, impresión y/o señal acústica) para un operador. El operador
- 20 puede tomar entonces las medidas apropiadas, por ejemplo, cerrando el reactor de fase gaseosa 100 para su limpieza.
- Otra posibilidad es utilizar los caudales a través de las salidas de producto 9a, 9b como variables manipuladas, que pueden utilizarse solas o en combinación con otras variables manipuladas.
- 25 En otra realización, la señal de control 40 actúa sobre un caudal de un retardador de polimerización 41, tal como CO₂ y/o CO. Además, como retardadores también se puede usar oxígeno, un gas que contiene oxígeno y/o un gas que contiene azufre. Son posibles mezclas de retardadores de polimerización.
- 30 Dado que el cambio, es decir, el incremento de paso en el consumo de energía es un indicador de aumento de la aglomeración, el sistema de control contrarresta esto introduciendo un retardador de polimerización e inhibiendo de este modo la aglomeración de partículas de polímero. Una vez que el consumo de energía medida se reduce al nivel de punto fijado, el retardador de polimerización se reduce o se desconecta mediante el sistema de control.
- 35 Además, o como alternativa, un caudal de un agente antiestático 42, que comprende una cetona (por ejemplo, hasta C₇, tal como acetona, metilisobutilcetona), un alcohol (por ejemplo alcoholes C₁ a C₈ tales como metanol, etanol, isopropanol), agua, una amina (por ejemplo, N-alquil-dietanolaminas de fórmula: CH₃(CH)_nCH₂-N(CH₂CH₂OH)₂, en la que n es mayor que 2), una amida y/o un éster (por ejemplo un hidroxiéster que tiene al menos dos grupos hidroxilo libres, obtenidos a partir de ácidos carboxílicos que tienen de 8 a 22 átomos de carbono y de polialcohol) se pueden
- 40 usar como variable manipulada para contrarrestar la aglomeración no deseada de partículas.
- En principio, pueden acoplarse funcionalmente otras variables manipuladas o combinaciones de variables manipuladas a la señal de control 40 siempre que dichas variables manipuladas influyan (por ejemplo, detengan, retarden) la aglomeración de partículas en el reactor de fase gaseosa 100, en particular dentro del lecho fluidizado
- 45 10.
- Una realización adicional es un proceso para la producción catalítica de poliolefinas, en particular un proceso BORSTAR para producir polietileno o polipropileno, en el que está presente por lo menos una realización de un reactor 100 en fase gaseosa.
- 50 Los reactores de fase gaseosa 100 se utilizan en muchos procesos de producción de poliolefina. Como ejemplo para dicho uso, en la Fig. 3 se describe un proceso BORSTAR con dicho reactor de fase gaseosa 100 como ejemplo no limitante. En la técnica, el proceso BORSTAR es bien conocido, de modo que, en aras de la brevedad, no es necesaria una descripción detallada.
- 55 En la Fig. 3 se muestra una realización de un proceso BORSTAR para fabricar polietileno. Este diagrama de flujo y la siguiente descripción del diagrama de flujo son ilustrativos. Un experto en la materia reconocerá que son posibles variaciones del proceso con respecto al producto (por ejemplo polipropileno), al equipo y/o a las condiciones de funcionamiento.
- 60 Las etapas de polimerización pueden estar precedidas por una etapa de prepolimerización. El fin de la prepolimerización es polimerizar una pequeña cantidad de polímero sobre el catalizador a una baja temperatura y/o una baja concentración de monómero. Mediante prepolimerización es posible mejorar el rendimiento del catalizador en suspensión y/o modificar las propiedades del polímero final. La etapa de prepolimerización se puede realizar en suspensión o en fase gaseosa. Preferentemente, la prepolimerización se lleva a cabo en suspensión.
- 65

De este modo, la etapa de prepolimerización se puede llevar a cabo en un reactor de bucle 200. La prepolimerización entonces se lleva a cabo preferentemente en un diluyente inerte, normalmente un diluyente hidrocarbonado tal como metano, etano, propano, n-butano, isobutano, pentanos, hexanos, heptanos, octanos, etc., o sus mezclas. Preferentemente, el diluyente es un hidrocarburo de bajo punto de ebullición que tiene de 1 a 4 átomos de carbono o una mezcla de dichos hidrocarburos. La temperatura en la etapa de prepolimerización normalmente es de 0 a 90 °C, preferentemente de 20 a 70 °C.

Se utiliza un reactor de prepolimerización 200 para iniciar el proceso de polimerización catalítica así como para desarrollar las partículas deseadas. Las corrientes de alimentación al reactor de prepolimerización 200 son catalizadores de un almacenamiento 201 y el material de alimentación 202 para la producción de poliolefina, por ejemplo etileno, diluyente, un comonomero opcional e hidrógeno. Las condiciones operativas típicas del reactor de prepolimerización 200 son presiones entre 50 y 100 bares (5-10 MPa), temperaturas entre 50 y 100 °C y tiempos de residencia entre 10 y 50 minutos.

El producto de la prepolimerización 200 es la corriente de alimentación de un reactor de bucle 210 que generalmente produce un polímero de bajo peso molecular con una distribución de peso molecular relativamente estrecha. Se utiliza propano supercrítico como diluyente, dando como resultado una baja solubilidad del polietileno en el diluyente.

La polimerización en una primera zona de polimerización puede llevarse a cabo en suspensión. A continuación, las partículas de polímero formadas en la polimerización, junto con el catalizador fragmentado y dispersado dentro de las partículas, se suspenden en el hidrocarburo fluido. La suspensión se agita para permitir la transferencia de reactivos desde el fluido a las partículas.

La polimerización habitualmente tiene lugar en un diluyente inerte, normalmente un diluyente hidrocarbonado tal como metano, etano, propano, n-butano, isobutano, pentanos, hexanos, heptanos, octanos, etc., o sus mezclas. Preferentemente, el diluyente es un hidrocarburo de bajo punto de ebullición que tiene de 1 a 4 átomos de carbono o una mezcla de dichos hidrocarburos. Un diluyente especialmente preferido es el propano, que posiblemente contiene una menor cantidad de metano, etano y/o butano.

El contenido de etileno en la fase fluida de la suspensión puede ser del 2 a aproximadamente el 50 % en moles, preferentemente de aproximadamente el 3 a aproximadamente el 20 % en moles y en particular de aproximadamente el 5 a aproximadamente el 15 % en moles. La ventaja de tener una alta concentración de etileno es que se incrementa la productividad del catalizador pero el inconveniente es que entonces se tiene que reciclar más etileno que si la concentración fuera menor.

La temperatura en la polimerización en suspensión normalmente es de 50 a 115 °C, preferentemente de 60 a 110 °C y en particular de 70 a 100 °C. La presión es de 1 a 150 bares (100-15.000 kPa), preferentemente de 10 a 100 bares (1-10 MPa).

La polimerización en suspensión puede llevarse a cabo en cualquier reactor conocido utilizado para polimerización en suspensión. Dichos reactores incluyen un reactor continuo de tanque agitado y un reactor de bucle 210. Es especialmente preferido llevar a cabo la polimerización en el reactor de bucle 210. En dichos reactores la suspensión se hace circular a alta velocidad a lo largo de una tubería cerrada utilizando una bomba de circulación. Los reactores de bucle son conocidos de forma general en la técnica y se dan ejemplos, por ejemplo, en los documentos US-A-4582816, US-A-3405109, US-A-3324093, EP-A-479186 y US-A-5391654.

A veces es ventajoso llevar a cabo la polimerización en suspensión por encima de la temperatura y presión críticas de la mezcla de fluidos. Dicha operación se describe en el documento US-A-5391654. En dicha operación, la temperatura normalmente es de 85 a 110 °C, preferentemente de 90 a 105 °C y la presión es de 40 a 150 bares (4-15 MPa), preferentemente de 50 a 100 bares (5-10 MPa).

La suspensión puede retirarse del reactor de forma continua o intermitente. Una forma preferida de extracción intermitente es el uso de patas de sedimentación en las que la suspensión se deja concentrar antes de retirar un lote de la suspensión concentrada del reactor. El uso de patas de sedimentación se describe, entre otros, en los documentos US-A-3374211, US-A-3242150 y EP-A-1310295. La retirada continua se describe, entre otros, en los documentos EP-A-891990, EP-A-1415999, EP A-1591460 y WO-A-2007/025640. La extracción continua se combina ventajosamente con un método de concentración adecuado, como se describe en los documentos EP-A-1310295 y EP-A-1591460.

Normalmente, el reactor de bucle 210 en esta realización funciona de 50 a 100 bares (5-10 MPa) y a temperaturas entre 70 y 105 °C. El tiempo de residencia en el reactor de bucle 210 está comprendido entre 0,5 y 1 h.

El producto del reactor de bucle 210 a continuación se hace pasar a través de un separador de gas-sólido 220. El diluyente gaseoso se devuelve al reactor de bucle 210 después de llevarlo de nuevo al estado supercrítico.

Los sólidos procedentes del separador 220 son alimentados al reactor de fase gaseosa 100 en el que se produce un polímero de alto peso molecular con una distribución exacta de peso molecular. El reactor de fase gaseosa 100 con realizaciones alternativas y el dispositivo de detección 20 se describen en relación con la Fig. 1 de manera que se haga referencia a dicha descripción.

5 La realización del reactor de fase gaseosa 100 mostrada en la Fig. 3 normalmente opera a una presión más baja que el reactor de bucle 210, por ejemplo, entre 10 y 35 bares (1-3,5 MPa). Las temperaturas están en el mismo intervalo que en el reactor de bucle 210, por ejemplo, entre 70 y 90 °C. El tiempo de residencia es de 1 a 3 h.

10 En las realizaciones mostradas en la Fig. 3, el reactor de fase gaseosa 100 está integrado en el proceso BORSTAR. El dispositivo de detección 20 se utiliza para medir un parámetro operativo del dispositivo de agitación 1, es decir, el consumo de energía. Esta información se utiliza para generar una señal de control que puede actuar sobre las líneas de alimentación 41, 42 para diferentes sustancias que controlan el comportamiento de aglomeración de partículas dentro del reactor de fase gaseosa 100. La señal de control 40 también puede actuar sobre dos corrientes de salida 15 9a, 9b que extraen el producto de polímero desde el reactor de fase gaseosa 100. El experto en la materia reconocerá que el esquema de control del reactor de fase gaseosa 100 puede utilizar una o más variables manipuladas. También es posible que el dispositivo de detección 20 esté acoplado a un modelo matemático del proceso que permita el control predictivo del modelo.

20 En cualquier caso, como indicador para la aglomeración de partículas se utiliza un cambio 30 en el consumo de energía. Las señales de control 40 proporcionan medidas para actuar contra esta aglomeración de partículas.

- | | | |
|----|-----|---|
| | 1 | Dispositivo de agitación |
| | 2 | Corriente de gas de fluidificación |
| 25 | 3 | Rejilla de fluidización |
| | 4 | Corriente de alimentación al reactor de fase gaseosa |
| | 5 | Separador de gas-sólido |
| | 6 | Intercambiador de calor |
| | 7 | Compresor de gas de circulación |
| 30 | 8 | Línea de suministro de gas fresco |
| | 9a | Salida de producto continuo |
| | 9b | Salida de producto discontinuo |
| | 10 | Lecho fluidizado |
| 35 | 11 | Motor para el dispositivo de agitación |
| | 20 | Dispositivo de detección |
| | 30 | Cambio del parámetro operativo del dispositivo de agitación |
| 40 | 40 | Señal de control |
| | 41 | Caudal del retardador de polimerización |
| | 42 | Caudal del agente antiestático |
| | 43 | Sistema de alarma |
| 45 | 100 | Reactor en fase gaseosa |
| | 200 | Reactor de prepolimerización |
| | 202 | Caudal de alimentación al reactor de prepolimerización |
| 50 | 201 | Almacenamiento catalizador |
| | 210 | Reactor en bucle |
| | 220 | Separador gas-sólido |

REIVINDICACIONES

1. Sistema de control para un reactor de fase gaseosa en lecho fluidizado (100) para la producción catalítica de poliolefinas, que tiene al menos un dispositivo de agitación (1) en un lecho fluidizado (10) en un reactor de fase gaseosa (100), **caracterizado por**
- 5 un dispositivo de detección (30) para detectar un cambio (30) en al menos un parámetro operativo del dispositivo de agitación (1), en donde el cambio (30) se selecciona entre la vibración, el par y/o el consumo de energía del dispositivo de agitación (1),
- 10 el dispositivo de detección (20) que comprende medios para generar al menos una señal de control (40) en función del cambio (30), la señal de control (40) que actúa sobre una variable manipulada del reactor de fase gaseosa (100) y/o el lecho fluidizado (10) para influir en la formación de aglomeraciones de partículas en el reactor de fase gaseosa (100) y/o la eliminación de aglomeraciones de partículas del reactor de fase gaseosa (100),
- 15 en donde la señal de control (40) está acoplada funcionalmente a un caudal de una corriente de extracción (9a, 9b) del reactor de fase gaseosa (100), un procesador para el cierre del reactor de fase gaseosa, un caudal de un retardador de polimerización (41), un caudal de un agente antiestático (42) y un sistema de alarma (43) para un operador.
- 20 2. Sistema de control según la reivindicación 1, en el que el cambio (30) en al menos un parámetro operativo es una desviación absoluta o relativa de los datos operativos previamente medidos del dispositivo de agitación (1) por una cantidad predefinida o una desviación absoluta o relativa de los datos operativos previamente medidos del dispositivo de agitación (1) por una cantidad predefinida dentro de un tiempo predefinido y/o una velocidad de cambio en los datos operativos del dispositivo de agitación (1) excediendo el cambio (30) un criterio predefinido.
- 25 3. Sistema de control según las reivindicaciones 1 o 2, en el que el cambio (30) en al menos un parámetro operativo es un cambio de paso en el consumo de energía del dispositivo de agitación (1) de más del 10 % durante un periodo de más de 30 minutos, un impulso o una señal en pendiente.
- 30 4. Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los datos operativos medidos del dispositivo de agitación (1) son filtrados, integrados, promediados y/o procesados por un procesador de datos de autoaprendizaje.
- 35 5. Reactor en fase gaseosa para la producción catalítica de poliolefinas, en particular polietileno o polipropileno, que tiene al menos un dispositivo de agitación (1) en un lecho fluidizado (10) y que comprende un sistema de control según al menos una de las reivindicaciones 1 a 4.
- 40 6. Reactor de fase gaseosa según la reivindicación 5, en el que el dispositivo de agitación (1) comprende un agitador.
- 45 7. Un método para una producción catalítica de poliolefinas, en donde el método se lleva a cabo en al menos un reactor de fase gaseosa (100) que tiene al menos un dispositivo de agitación (1) en un lecho fluidizado (10) en el reactor de fase gaseosa (100) y que comprende un sistema de control, comprendiendo el método las etapas de:
- 50 - detectar un cambio (30) en al menos un parámetro operativo del dispositivo de agitación (1) mediante un dispositivo de detección (20), en donde el cambio (30) se selecciona entre la vibración, el par y/o el consumo de energía del dispositivo de agitación (1),
- generar al menos una señal de control (40) en función del cambio (30) mediante el dispositivo de detección (20), en donde la señal de control (40) actúa sobre una variable manipulada del reactor de fase gaseosa (100) y/o sobre el lecho fluidizado (10) para influir en la formación de aglomeraciones de partículas en el reactor de fase gaseosa (100) y/o la eliminación de aglomeraciones de partículas del reactor de fase gaseosa (100), y
- 55 - en donde la señal de control (40) está acoplada funcionalmente a un caudal de una corriente de extracción (9a, 9b) del reactor de fase gaseosa (100), un procesador para el cierre del reactor de fase gaseosa, un caudal de un retardador de polimerización (41), un caudal de un agente antiestático (42) y un sistema de alarma (43) para un operador.
8. Método según la reivindicación 7, en el que la presión media en al menos un reactor de fase gaseosa (100) está entre 10 y 40 bares (1-4 MPa) y la temperatura media está en el intervalo entre 60 y 110 °C.
- 60 9. Método según las reivindicaciones 7 u 8, en el que el proceso se lleva a cabo utilizando al menos un reactor de bucle (210) que proporciona al menos una corriente de alimentación para el al menos un reactor de fase gaseosa (100).
- 65 10. Método según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8, en el que el retardador de polimerización comprende CO₂, CO, oxígeno, un gas que contiene oxígeno y/o un gas que contiene azufre.

11. Método según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que el agente antiestático (42) comprende una cetona, un alcohol, agua, una amina, una amida y/o un éster.

5 12. Uso de un sistema de control en la producción catalítica de poliolefinas en un reactor de fase gaseosa en lecho fluidizado (100) que tiene al menos un dispositivo de agitación (1) en un lecho fluidizado (10), en el que el sistema de control comprende

10 un dispositivo de detección (20) para detectar un cambio (30) en al menos un parámetro operativo del dispositivo de agitación (1), en donde el cambio (30) se selecciona entre la vibración, el par y/o el consumo de energía del dispositivo de agitación (1),
el dispositivo de detección (20) que comprende medios para generar al menos una señal de control (40) en función del cambio (30),
15 la señal de control (40) que actúa sobre una variable manipulada del reactor de fase gaseosa (100) y/o el lecho fluidizado (10) para influir en la formación de aglomeraciones de partículas en el reactor de fase gaseosa (100) y/o la eliminación de aglomeraciones de partículas del reactor de fase gaseosa (100), en donde la señal de control (40) está acoplada funcionalmente a un caudal de una corriente de extracción (9a, 9b) del reactor de fase gaseosa (100), un procesador para el cierre del reactor de fase gaseosa, un caudal de un retardador de polimerización (41), un caudal de un agente antiestático (42) y un sistema de alarma (43) para un operador.

FIG 1

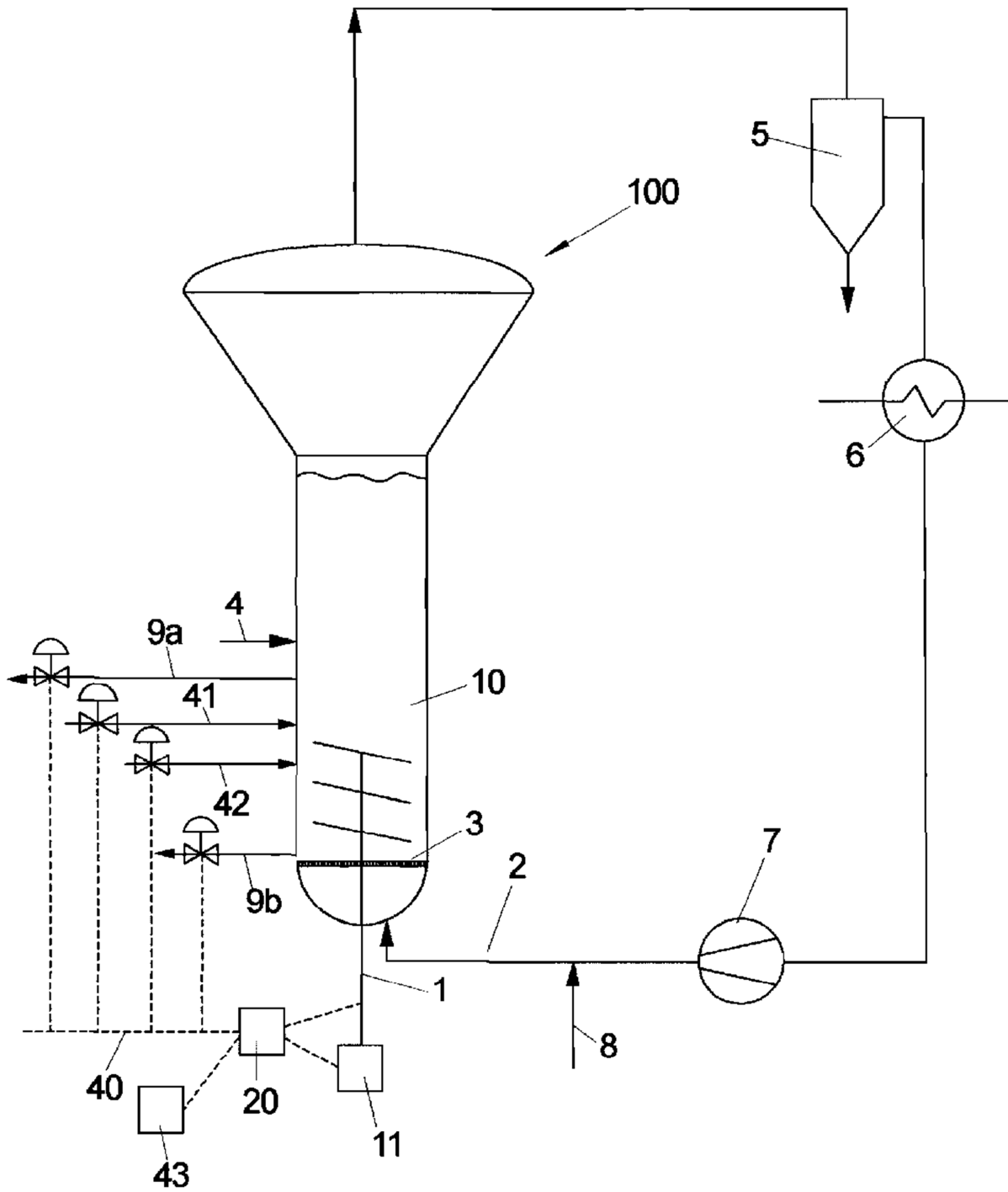


FIG 2

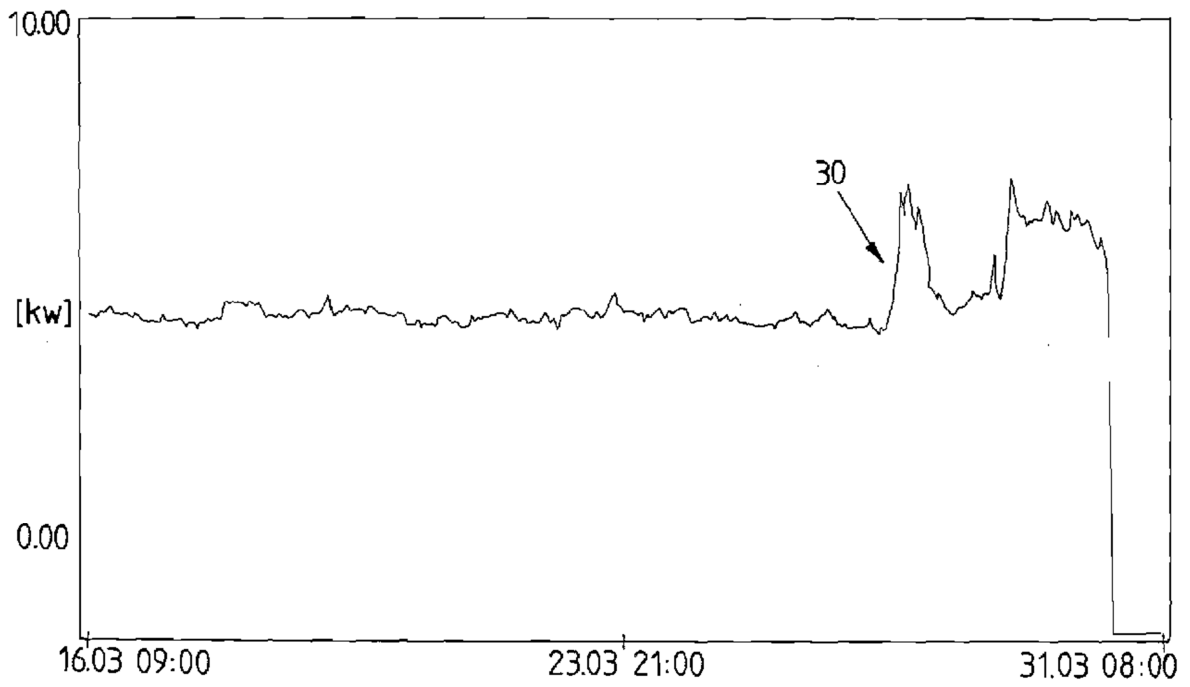


FIG 3

