

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 630 109**

51 Int. Cl.:

B02C 23/08 (2006.01)

B02C 25/00 (2006.01)

G05B 19/042 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.02.2014 PCT/EP2014/053673**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.09.2014 WO14131776**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2014 E 14706606 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.04.2017 EP 2962164**

54 Título: **Método de control de un proceso de molino de trituración**

30 Prioridad:

28.02.2013 FI 20130070

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

18.08.2017

73 Titular/es:

**OUTOTEC (FINLAND) OY (100.0%)
Rauhalanpuisto 9
02230 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**ROITTO, ILKKA y
LEHTO, HARRI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 630 109 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

Método de control de un proceso de molino de trituración

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método de control de un proceso de molino de trituración y, de forma más específica, a un método como el definido en el preámbulo de la reivindicación 1.

Antecedentes de la invención

10 El uso de tecnología de trituración fina en la industria de procesamiento de minerales ha crecido en los últimos 10 años. Esto es atribuible principalmente al procesamiento de estructuras minerales de grano fino, que requiere una trituración más fina para una obtención de minerales de valor. Un mineral requiere de una adaptabilidad y una flexibilidad de proceso amplias para poder adaptarse a la variabilidad del mineral durante la vida de la mina.

15 De forma típica, un proceso de trituración empieza con el bombeo de un material de suministro de circuito de trituración repetida a un ciclón de separación corriente arriba con respecto al molino que clasifica y separa el material con el tamaño deseado con respecto al suministro y define la densidad de molienda. El flujo definido con una densidad de molienda óptima es bombeado al molino. El lodo entra en una cámara de trituración que contiene un medio de trituración (bolas) y unos discos giratorios que proporcionan movimiento para agitar la carga contra una serie de discos correspondientes estacionarios. Las partículas se Trituran por desgaste entre las bolas. A medida que el flujo es transferido corriente arriba, el lodo de mineral pasa a través de los discos giratorios y el espacio libre entre los discos correspondientes estáticos que cubren la pared. Dependiendo de la aplicación, puede haber hasta 30 grupos de discos giratorios y estáticos. Debido a la disposición vertical del molino, se produce una clasificación simultánea en todo el proceso de trituración, permaneciendo las partículas más grandes más tiempo en la periferia, mientras que las partículas más pequeñas se desplazan hacia arriba. El proceso consiste de forma típica en una única pasada, sin que sea necesaria una clasificación externa. La gravedad mantiene el medio compacto durante el funcionamiento, asegurando un contacto entre bolas de alta intensidad y una transferencia de energía eficiente y regular en todo el volumen. La gravedad, conjuntamente con un hidro-clasificador interno, evita que el medio de trituración se escape del molino, desplazando hacia abajo las bolas de trituración para devolverlas al proceso de molienda, y solamente deja pasar el lodo fino triturado. La configuración del disco y la geometría de la cámara en general se han optimizado para obtener una transferencia de energía a la masa de bolas y una circulación y clasificación internas eficaces. Con el medio de trituración distribuido de forma regular, las partículas de mineral permanecen constantemente en contacto, aumentando significativamente la eficacia de la trituración. El producto es descargado a la atmósfera en la parte superior del molino. La combinación de desborde del ciclón y de descarga del molino es el producto del circuito.

20

25

30

US 3.596.839 describe un control con retroalimentación de una operación de trituración determinado el tamaño de las partículas y controlando el suministro de nuevo material suministrado a una trituradora.

Breve descripción de la invención

35 Un objetivo de la presente invención consiste en dar a conocer un método para mejorar el control del proceso de molino de trituración. El objetivo de la invención se consigue mediante un método que se caracteriza por lo descrito en la reivindicación independiente. Las realizaciones preferidas de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes.

40 Se describe en primer lugar de forma más detallada el proceso de molino de trituración. Al inicio del proceso, el concentrado empieza a circular a un sumidero de suministro de un ciclón de separación. El molino comprende un cuerpo de molino, un eje con discos de trituración, unos anillos correspondientes montados en una carcasa, una caja de transmisión y una transmisión. La cámara de trituración se llena hasta el 70% con bolas de trituración. Los discos giratorios agitan la carga y se produce una trituración entre las bolas por desgaste. Un lodo de suministro es bombeado al interior del molino a través de una conexión inferior y cuando el flujo se desplaza hacia arriba, pasa por todas las etapas de trituración consecutivas. El producto final es descargado a la atmósfera abierta en la parte superior de la máquina. El proceso comprende solamente un ciclón de separación, un depósito de suministro, una bomba y el molino.

45

50 El método se refiere al control de un proceso de molino de trituración en un circuito de trituración. Según la invención, dicho circuito de trituración comprende al menos un molino de trituración que tiene un eje en una cámara de trituración. El circuito de trituración comprende además un ciclón para recibir material de suministro de circuito y para suministrar adicionalmente dicho material de suministro de circuito al circuito de trituración y dispositivos de monitorización. El proceso de molino de trituración comprende al menos las siguientes etapas: bombear el material de suministro de circuito de un depósito de suministro al ciclón corriente arriba con respecto al molino, y bombear el material de suministro de circuito que forma un lodo al molino de trituración para triturar el lodo en partículas más finas. El método según la invención comprende las siguientes etapas: monitorizar al menos un parámetro funcional y controlar la fineza de las partículas en línea ajustando al menos uno de los siguientes parámetros funcionales: caudal del material de suministro de circuito, densidad del material de suministro de circuito, velocidad del eje, índice

55

de llenado en el molino de trituración, densidad de molienda y tiempo de retención.

- 5 Según una realización de la invención, el método comprende además las etapas de calcular el caudal de material de suministro de circuito, monitorizar dicho caudal de suministro midiendo el flujo y la densidad del lodo, determinar una energía de trituración específica como un punto de ajuste para el circuito de trituración a efectos de conseguir una
- 10 En una realización de la invención, el método comprende además una etapa de medir la cantidad de suministro procedente del ciclón y ajustar la velocidad del eje del molino para alcanzar una energía por flujo de suministro total deseada.
- 15 En una realización de la invención, el método comprende además una etapa de medir el tamaño de las partículas mediante un analizador de partículas en línea y ajustar la velocidad del eje para mantener un tamaño de producto constante.
- En una realización de la invención, el método comprende además una etapa de optimizar la fineza del producto en línea. La etapa de optimizar la fineza del producto comprende preferiblemente controlar el suministro de energía al material mediante una transmisión de velocidad variable del molino de trituración para controlar la velocidad del eje del molino.
- 20 Preferiblemente, el molino de trituración comprende bolas de trituración de composición que son suministradas de forma continua al molino de trituración conjuntamente con el lodo.
- En una realización de la invención, el método comprende además una etapa de aumentar o disminuir la carga de bolas hasta un nuevo nivel óptimo si se produce un cambio en la producción o en el nivel deseado de PSD.
- 25 En una realización de la invención, el método comprende además una etapa de medir una salida de energía del molino de trituración.
- La velocidad del molino se controla para alcanzar un consumo de energía determinado por suministro seco de proceso. El suministro de proceso se calcula a partir de mediciones de flujo y densidad en la línea de suministro del ciclón. La velocidad del eje del molino se ajusta para alcanzar la energía deseada y la energía neta. Se determina un nuevo punto de ajuste para el control de energía basándose en algoritmos a partir de mediciones de un indicador de tamaño de partículas (PSI) en línea en la línea de descarga del molino y en el desborde del acondicionador.
- 30 El principio de control consiste en medir la cantidad de suministro en el ciclón de separación y ajustar la velocidad del eje del molino para alcanzar una energía por flujo de suministro total deseada. Otro principio de control alternativo consiste en medir el tamaño de las partículas mediante un analizador de partículas en línea y ajustar la velocidad del eje del molino para mantener un tamaño de producto constante.
- 35 El flujo procedente de procesos corriente arriba puede variar considerablemente debido a fluctuaciones en el tipo y calidad del mineral. Además, la fineza deseada puede variar debido a variaciones en la mineralogía del mineral. Un molino de trituración de alta intensidad ofrece una oportunidad única de optimizar la fineza del producto en línea a través del uso de un sistema experto de nivel más alto, tal como ACT (Advanced Control Tools) de Outotec. Esto se debe a que el molino de trituración de alta intensidad tiene una transmisión de velocidad variable para controlar la
- 40 velocidad del eje del molino, controlando a su vez el suministro de energía al material. El material es el suministro que va al molino, es decir, el material de suministro de circuito. Se determina un punto de ajuste para la energía de trituración específica (SGE) a efectos de conseguir la fineza del producto. El sistema de control experto ACT utiliza principios de control anticipado y de retroalimentación. El principio de control anticipado se usa midiendo la cantidad de suministro del ciclón de separación, que se mide mediante medidores de flujo y densidad, y se ajusta la velocidad
- 45 del eje del molino para alcanzar una energía por flujo de suministro total deseada. Este principio asegura que se alcanza la SGE deseada en todo momento, incluso aunque la producción varíe. El principio de control de retroalimentación se usa midiendo la distribución del tamaño de partículas con un analizador en línea y se ajusta la velocidad del eje del molino para mantener un tamaño de producto constante. Las bolas de trituración de composición son suministradas de forma continua al molino conjuntamente con el suministro de lodo. Si se produce
- 50 un cambio a gran escala permanente en el caudal de suministro, la capacidad de trituración o la distribución de tamaño de partículas de producto (PSD) deseada. La carga de bolas aumenta o disminuye hasta el nuevo nivel óptimo para asegurar que es posible utilizar totalmente el control en línea con la velocidad del eje.
- Es posible realizar un amplio abanico de aplicaciones, ya que el molino de trituración tiene una excelente flexibilidad para adaptarse a las condiciones de proceso fluctuantes. Las aplicaciones típicas del molino de trituración son la trituración repetida de concentrados (p. ej., magnetismo, flotación), trituración terciaria de mineral de hierro, minerales metálicos preciosos y trituración fina en procesos hidrometalúrgicos. Es posible usar bolas cerámicas y de acero. De forma típica, se usa un medio cerámico para una trituración repetida de concentrado de sulfuro a efectos
- 55

de evitar la contaminación en la superficie del mineral de sulfuro, lo que resultaría en una recuperación por flotación y una calidad más pobres. El molino de trituración puede usar un amplio abanico de diámetros del medio de trituración, dependiendo de la aplicación: 0,5-1,5 mm para una trituración ultra fina, 1-3 mm para una trituración fina y 3-6 mm para una trituración gruesa, oscilando el tamaño de la trituración en el caso de la trituración gruesa F80 de 100 a 300 μm , P80 de 50 a 100 μm , en el caso de la trituración fina F80 de 50 a 100 μm , P80 de 20 a 60 μm , y en el caso de la trituración ultra fina F80 < 70 μm , P80 < 20 μm .

Los parámetros de proceso típicos para operaciones industriales son: sólidos de suministro 30% en volumen (es decir, 50% en peso con una densidad de sólidos de 2,7), aproximadamente el 60% del volumen se llena con bolas, el material típico de las bolas es cerámica (es decir, circonio-alúmina-silicato, densidad de 3,8 a 4,2 kg/dm^3), acero y cerámica de alta densidad (< 6 kg/dm^3) son opciones, un tamaño de bola de 0,5 a 6 mm, dependiendo de F80 y P80, velocidad del eje de 4-8 m/s en unidades más pequeñas, de 8 a 12 m/s en unidades más grandes, tiempo de retención típico de 1 a 3 minutos, energías de trituración específicas de 5 hasta 100 kWh/t , y la intensidad energética, kW/m^3 , es elevada, de 100 a 300 kW/m^3 .

Una característica especial del molino de trituración de alta intensidad consiste en que la eficiencia energética permanece constante con una amplia variedad de combinaciones de parámetros de funcionamiento: caudales, velocidades del eje e índices de llenado del medio. Dentro de cada caudal, cada punto SGE se genera variando la velocidad del eje del molino. El consumo de energía aumenta de forma exponencial si la velocidad del eje aumenta. Si la velocidad del eje se dobla, el consumo de energía se triplica. Esto hace posible controlar la PSD en línea y amortiguar las fluctuaciones de caudal y de calidad. El punto de ajuste de PSD puede modificarse en línea cambiando la velocidad del eje. Se consigue la misma eficiencia energética con volúmenes de llenado de medios de trituración diferentes. Esto hace posible controlar la PSD en línea y tener en cuenta los volúmenes de llenado o el desgaste de las bolas. El suministro de energía y la PSD pueden modificarse en línea cambiando la velocidad del eje. Existe una correlación casi lineal entre el índice de llenado del medio y el consumo de energía. Por lo tanto, el aumento de la carga del medio está directamente relacionado con el aumento en el consumo de energía. El consumo está directamente relacionado con la energía de trituración específica (SGE) (kWh/t). Si se produce un aumento del 10% v/v en la carga del medio del 70% v/v al 60% v/v, el resultado es una disminución de ~20% de la SGE. Por lo tanto, para obtener la misma SGE y el mismo tamaño de trituración, el caudal de suministro también debe disminuir ~20%.

Una ventaja del método de la invención consiste en que el proceso puede adaptarse a las fluctuaciones del proceso corriente arriba. El proceso de trituración tiene una estrategia de control eficaz para controlar la fineza del producto.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirá la invención de forma más detallada, mediante realizaciones preferidas y haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que

la Figura 1 muestra un molino de trituración de alta intensidad que contiene los componentes principales; y

la Figura 2 muestra una presentación esquemática de un diagrama de flujo del molino de trituración.

Descripción detallada de la invención

La Figura 1 muestra el molino de trituración de alta intensidad con los componentes principales. El suministro del proceso de trituración es de forma típica un lodo de concentrado, que es suministrado al molino conjuntamente con bolas de trituración. El lodo entra en una cámara de trituración a través de la entrada 1 de suministro en la parte inferior de la cámara 2 de trituración. La combinación de concentrado de lodo, medio de trituración (bolas) y discos giratorios 3 conectados al eje 4 del molino proporciona movimiento para agitar la carga contra una serie de discos 5 correspondientes estacionarios. Durante el funcionamiento constante y continuo, el flujo de lodo es trasferido hacia arriba, el lodo de mineral pasa a través de los discos giratorios 3 y el espacio libre entre los discos 5 correspondientes estáticos. El producto es descargado a la atmósfera en la parte superior del molino 6.

La Figura 2 muestra un diagrama de flujo del proceso de trituración. El principio de control anticipado se aplica midiendo la cantidad de material F de suministro al circuito de trituración mediante medidores 7 de flujo y densidad y ajustando la velocidad del eje del molino para alcanzar una SGE deseada por flujo de suministro total. Este principio asegura que se ha alcanzado la SGE deseada en todo momento, incluso en condiciones de caudal de suministro fluctuante. El circuito G de trituración se muestra en línea discontinua. El circuito G de trituración comprende al menos un molino 6 de trituración que tiene un eje 4 de molino en una cámara 2 de trituración, comprendiendo además dicho circuito G de trituración un ciclón 11 para recibir el material de suministro de circuito y para suministrar adicionalmente dicho material de suministro de circuito al circuito G de trituración, y dispositivos de monitorización.

El proceso de molino de trituración comprende al menos las etapas de bombear el material de suministro de circuito desde un depósito de suministro al ciclón 11 corriente arriba con respecto al molino, bombear el material de suministro de circuito que forma un lodo al molino 6 de trituración para triturar el lodo en partículas más finas, monitorizar al menos un parámetro funcional y controlar la fineza de las partículas en línea ajustando al menos uno de los siguientes parámetros funcionales: caudal del material de suministro de circuito, densidad del material de

suministro de circuito, velocidad del eje 4, índice de llenado en el molino 6 de trituración, densidad de molienda y tiempo de retención. El ajuste se basa en la monitorización, y la monitorización se lleva a cabo en línea.

5 La medición 8 del tamaño de las partículas en línea se usa para controlar el tamaño de las partículas del flujo 9 del producto hacia un proceso corriente abajo. Si el tamaño del producto no es el deseado, más grueso o más fino, el control de nivel superior (ACT) establece un nuevo punto de ajuste de la SGE.

Las bolas de trituración de composición son suministradas al molino con el suministro de lodo a través de una tolva 10 de bolas de trituración. Si se produce un cambio a gran escala permanente en el caudal de suministro, en la capacidad de trituración o en la PSD, la carga de bolas aumenta o disminuye hasta el nuevo nivel óptimo para asegurar que el control en línea con la velocidad del eje puede utilizarse en su totalidad.

10 En el proceso de molino de trituración, el método para controlar el proceso comprende al menos las siguientes etapas: bombear material F de suministro de circuito de trituración de un depósito de suministro a un ciclón 11 corriente arriba con respecto al molino, y bombear el lodo al interior del molino 6 de trituración para triturar el lodo en partículas más finas. Antes de que el suministro F entre en el molino 6 de trituración, el mismo pasa preferiblemente a través de un sumidero 12 de bomba en el que se añade agua al proceso. Entre el sumidero 12 de bomba y el
15 molino 6 de trituración se monitoriza la presión. El molino 6 de trituración tritura el lodo en partículas más finas, siendo suministrado a continuación a la flotación 13.

Resultará evidente para una persona experta en la materia que, a medida que avanza la tecnología, el concepto de la invención puede implementarse de diversas maneras. La invención y sus realizaciones no se limitan a los ejemplos descritos anteriormente, sino que pueden variar dentro del alcance de las reivindicaciones.

20

REIVINDICACIONES

1. Método de control de un proceso de molino de trituración en un circuito de trituración, comprendiendo dicho circuito de trituración al menos un molino (6) de trituración que tiene un eje (4) en una cámara (2) de trituración, comprendiendo además dicho circuito (G) de trituración un ciclón (11) para recibir material de suministro de circuito y para suministrar adicionalmente dicho material de suministro de circuito al circuito (G) de trituración, y dispositivos de monitorización, en el que el proceso de molino de trituración comprende al menos las siguientes etapas: bombear el material de suministro de circuito de un depósito de suministro al ciclón (11) corriente arriba con respecto al molino, y bombear el material de suministro de circuito que forma un lodo al molino (6) de trituración para triturar el lodo en partículas más finas, caracterizado por que el método comprende las siguientes etapas:
- 5
- 10
- medir la fineza de las partículas y/o la cantidad de suministro procedente del ciclón (11) en el circuito de trituración;
 - comparar las mediciones con valores deseados; y
 - ajustar la velocidad del eje (4) basándose en las mediciones.
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que el método comprende además las siguientes etapas:
- 15
- calcular el caudal de material de suministro de circuito,
 - monitorizar dicho caudal de suministro midiendo el flujo y la densidad del lodo,
 - determinar una energía de trituración específica (SGE) como punto de ajuste para el circuito (G) de trituración a efectos de conseguir una fineza de partículas adecuada,
 - controlar el funcionamiento del molino (6) de trituración con la velocidad del eje (4), de modo que el punto de ajuste de energía de trituración específica (SGE) se alcanza independientemente de los cambios en el caudal de suministro, y
 - ajustar la trituración en el molino (6) de trituración basándose en mediciones sobre la fineza de las partículas en el circuito (G) de trituración comparando las mediciones con valores deseados y, si la fineza difiere de los valores deseados, se establece un nuevo punto de ajuste para el circuito (G) de trituración.
- 20
- 25
3. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que el método comprende además una etapa de medir la cantidad de suministro procedente del ciclón (11) y ajustar la velocidad del eje (4) del molino para alcanzar una energía por flujo de suministro total deseada.
4. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que el método comprende además una etapa de medir el tamaño de las partículas mediante un analizador de partículas en línea y ajustar la velocidad del eje (4) para mantener un tamaño de producto constante.
- 30
5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el método comprende además una etapa de optimizar la fineza del producto en línea.
6. Método según la reivindicación 5, caracterizado por que la etapa de optimizar la fineza del producto comprende controlar el suministro de energía al material mediante una transmisión de velocidad variable del molino (6) de trituración para controlar la velocidad del eje del molino.
- 35
7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el molino (6) de trituración comprende bolas de trituración de composición que son suministradas de forma continua al molino (6) de trituración conjuntamente con el lodo.
8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el método comprende además una etapa de aumentar o disminuir la carga de bolas hasta un nuevo nivel óptimo si se produce un cambio en la producción o en el nivel deseado de PSD.
- 40
9. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el método comprende además una etapa de medir una salida de energía del molino (6) de trituración.

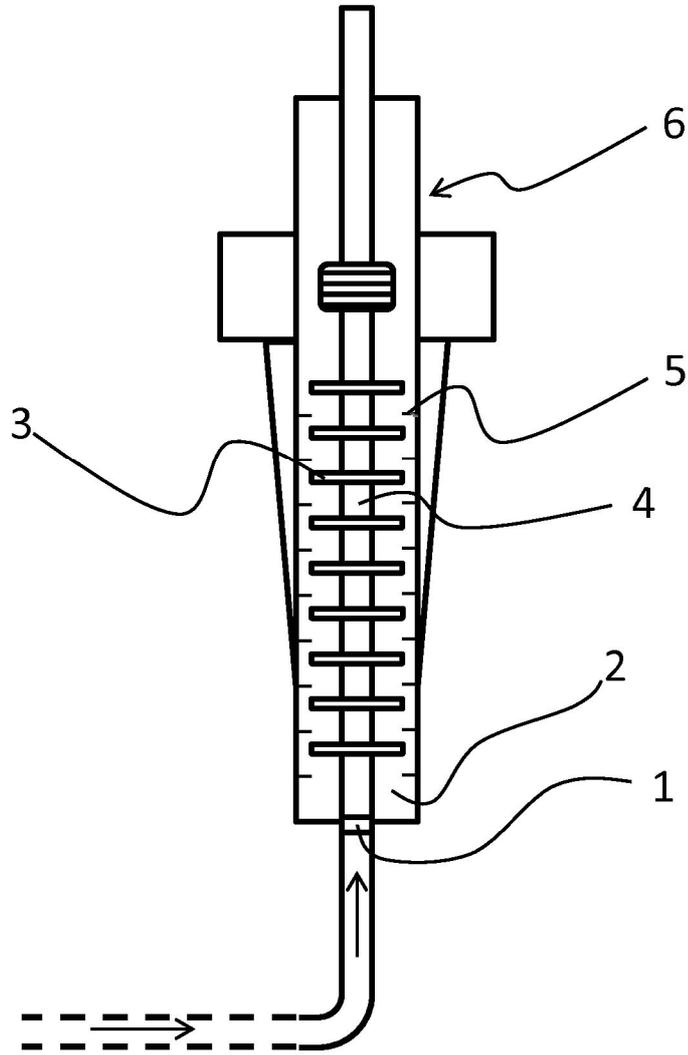


Fig.1

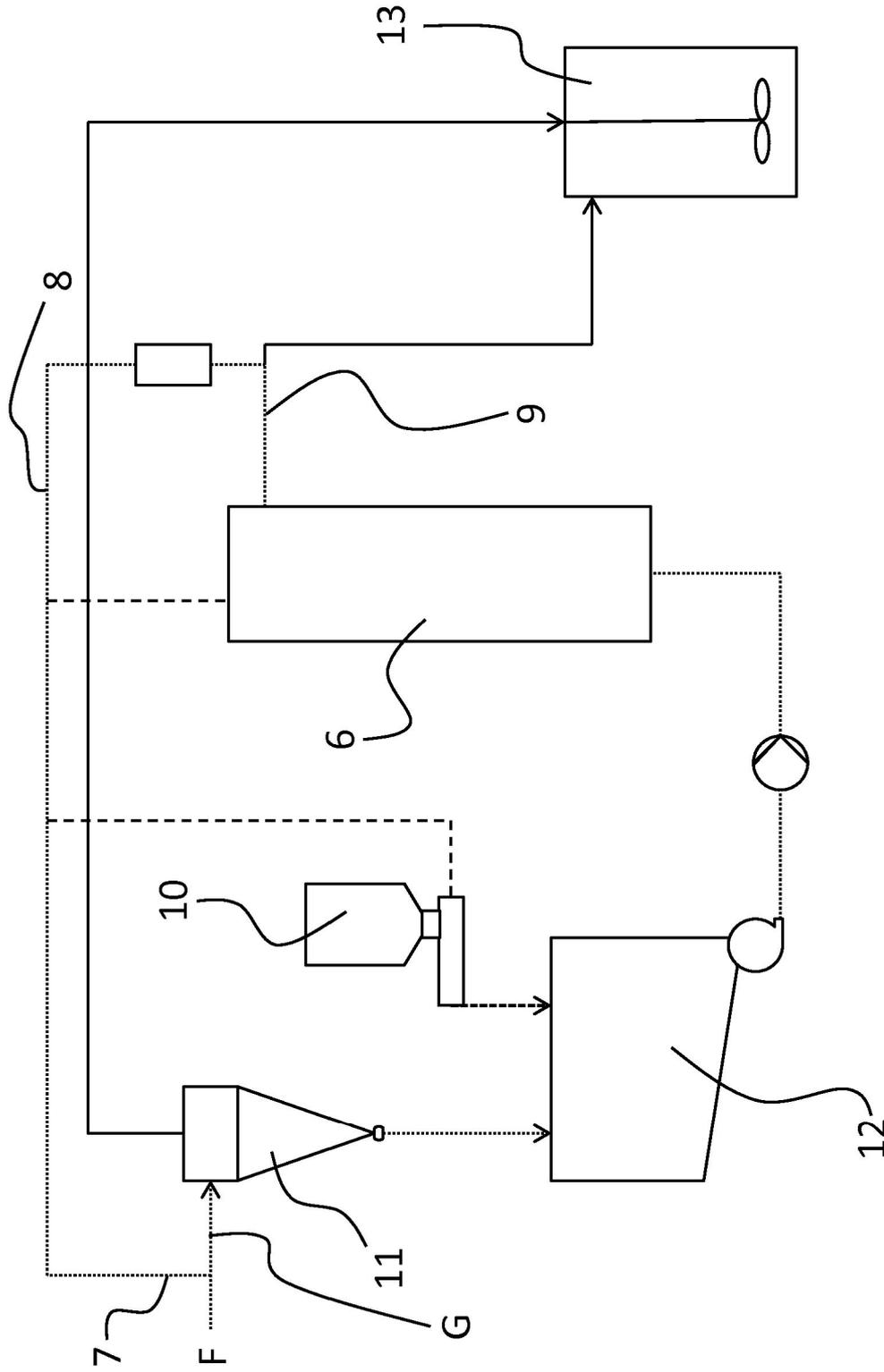


Fig.2