(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 550 211**

(51) Int. Cl.:

B04C 11/00 (2006.01)
B01D 21/26 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.04.2011** **E 11771395 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.08.2015** **EP 2560768**

(54) Título: **Sistema de control de estabilidad para un hidrociclón**

(30) Prioridad:

22.07.2010 AU 2010903282
23.04.2010 CL 4032010

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.11.2015

(73) Titular/es:

VULCO S.A. (100.0%)
San Jose 0815 San Bernardo
Santiago, CL

(72) Inventor/es:

CASTRO, EDUARDO FRANCISCO OLIVARES

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 550 211 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 de estabilidad para un hidrociclón

Campo técnico

Esta descripción se refiere a un sistema de control de estabilidad para un hidrociclón y en particular, pero no exclusivamente, para hidrociclones apropiados para su uso en las industrias de procesamiento químico y de minerales.

Antecedentes

Los hidrociclones se utilizan comúnmente para la separación de la materia en suspensión realizada en un líquido en dos corrientes de descarga o "fases" de diferente densidad. En la industria de la minería, por ejemplo, los hidrociclones se utilizan comúnmente para partículas separadas que se encuentran en una suspensión en una fase sólida ("gruesa") más pesada y en una fase sólida ("fina") más ligera, para propósitos de clasificación.

Durante el funcionamiento normal "estable", la suspensión ingresa a través de una entrada superior de una cámara de separación del hidrociclón en la forma de un cono invertido, con la fase sólida más pesada que se descarga a través de una salida inferior y la fase sólida más ligera que se descarga a través de una salida superior. Sin embargo, la estabilidad de un hidrociclón durante dicho funcionamiento puede ser interrumpido fácilmente, resultando en un proceso de separación ineficaz y por el que ya sea un exceso de partículas finas sale a través de la salida inferior o las partículas gruesas salen a través de la salida superior.

Una forma de funcionamiento inestable se conoce como "enlazado", mediante la cual la tasa de sólidos que se descarga a través de la salida inferior aumenta a un punto donde se altera el flujo. Si las medidas correctivas no se adoptan a tiempo, la acumulación de sólidos a través de la salida se acumulará en la cámara de separación, el núcleo de aire interno colapsará y la salida inferior descargará un flujo en forma de lazo, grueso, de sólidos gruesos. El enlazado también puede dar lugar a que una parte sustancial de la fase más pesada se descargue a través de la salida superior. Un número de diferentes condiciones de operación puede causar enlazado, alguno de los cuales incluyen cambios en la composición y la viscosidad de la suspensión, el aumento de la velocidad de alimentación de la suspensión, entre otros.

Otra forma de funcionamiento inestable es cuando la proporción del material fino que se descarga de forma incorrecta a través de la salida inferior aumenta progresivamente hasta un nivel inaceptable. Esta forma de funcionamiento inestable puede ser causada, por ejemplo, como resultado de los cambios en la composición y viscosidad de la suspensión de entrada, disminuye en la velocidad de alimentación de la suspensión, y así sucesivamente.

Tanto las condiciones de operación inestables descritas anteriormente pueden tener serios impactos en los procesos posteriores, a menudo requieren tratamiento adicional (que, como se apreciará, puede tener un gran impacto sobre las ganancias), y también como resultado un desgaste acelerado de maquinaria.

Se han propuesto varias técnicas para determinar y corregir el funcionamiento del hidrociclón inestable. La mayoría de estas técnicas se aprovechan de una característica notable del funcionamiento del hidrociclón estable; es decir, que la fase sólida más pesada durante el funcionamiento estable exhibirá un patrón de pulverización en forma de paraguas constante a medida que sale del vértice de la salida inferior.

Una de tales técnicas se describe en la Patente de los Estados Unidos 5,132,024, que revela un sensor montado en una pared interior del vértice del hidrociclón y que está dispuesto en contacto con el flujo de descarga durante el funcionamiento normal. El sistema emite una advertencia cuando el sensor es incapaz de detectar el flujo (i.e., que es indicativo de enlazado). Sin embargo, se apreciará que esta técnica sólo es capaz de detectar enlazado después de que ya se ha producido, lo cual puede no proporcionar a los operadores tiempo suficiente para remediar la situación. Además, el sensor es propenso a un desgaste acelerado debido a su contacto directo con la descarga de suspensión gruesa. Otra desventaja es que el sensor es capaz de detectar el otro modo de funcionamiento inestable que se mencionó anteriormente, lo que implica una desviación de suspensión fina a través de la salida inferior.

Otra técnica se describe en la Patente de los Estados Unidos 6,983,850 por medio de la cual se proporciona un sensor de vibración en una pared exterior de la salida inferior del hidrociclón y está dispuesto para detectar cambios de vibración en la pared que pueden ser indicativos del enlazado. Mientras que el sensor de vibración revelado en la Patente de los Estados Unidos 6,983,850 no está sujeto a desgaste, y puede ser capaz de detectar enlazado antes de lo que, por ejemplo, el sensor de la Patente de los Estados Unidos 5,132,024, también tiene un número de inconvenientes. Por ejemplo, el sensor de vibración solamente está dispuesto para medir los cambios significativos en la geometría de salida inferior que ocurren después de la aparición del enlazado. Por otra parte, las lecturas del sensor de vibración pueden ser contaminadas por el ruido de los equipos circundantes. El sensor de vibración también es incapaz de detectar una desviación de finos a través de la salida inferior.

Resumen

En un primer aspecto, se revelan las realizaciones de un método de funcionamiento del hidrociclón, donde el ciclón comprende una cámara de separación que en uso está dispuesta para generar un núcleo de aire interno para efectuar un proceso de separación del material, el método que comprende:

- medir tanto un parámetro de vibración de la cámara de separación y un parámetro de estabilidad del núcleo de aire interno durante el funcionamiento del hidrociclón;

- realizar una comparación de estas mediciones con parámetros correspondientes predefinidos del hidrociclón que son indicativos de un funcionamiento estable y/o inestable del mismo; y

- ajustar un parámetro de funcionamiento del hidrociclón en función de la comparación.

En ciertas realizaciones, el método puede comprender, además, tomar la medición del parámetro de estabilidad desde el interior del núcleo de aire interno. En ciertas realizaciones, el parámetro de estabilidad del núcleo de aire interno puede estar asociado con una geometría del núcleo de aire interno, por ejemplo un diámetro del núcleo de aire interno. En otras ciertas realizaciones, el parámetro de estabilidad del núcleo de aire interno puede ser una presión dentro del núcleo de aire.

En ciertas realizaciones, la etapa de ajuste puede comprender un ajuste a uno cualquiera o más de los siguientes parámetros de funcionamiento: presión de un material de entrada; tamaño de una entrada a través de la cual el material pasa antes de entrar en la cámara de separación; tamaño de una salida superior para la descarga de una primera fase; y el tamaño de una salida inferior para la descarga de una segunda fase.

En ciertas realizaciones, la etapa de ajuste puede comprender además hacer un primer ajuste del(los) parámetro(s) de funcionamiento en respuesta a la determinación de que el parámetro de vibración está aumentando en relación con el parámetro predefinido y que un diámetro del núcleo de aire está disminuyendo.

En ciertas realizaciones, el método puede comprender además hacer un primer ajuste del(los) parámetro(s) de funcionamiento en respuesta a la determinación de que el parámetro de vibración está aumentando en relación con el parámetro predefinido y que una presión del núcleo de aire está aumentando.

En ciertas realizaciones, el método puede comprender además, hacer un segundo ajuste del(los) parámetro(s) de funcionamiento en respuesta a la determinación de que el parámetro de vibración está disminuyendo en relación con el parámetro predefinido y que un diámetro del núcleo de aire está aumentando.

En ciertas realizaciones, el método puede comprender, además, hacer un segundo ajuste del(los) parámetro(s) de funcionamiento en respuesta a la determinación de que el parámetro de vibración está disminuyendo en relación con el parámetro predefinido y que la presión del núcleo de aire está disminuyendo.

En ciertas realizaciones, el primer ajuste puede ajustar el(los) parámetro(s) de funcionamiento de una manera opuesta al segundo ajuste.

En ciertas realizaciones, el método puede comprender además tomar las mediciones de los parámetros de vibración en una pared exterior de la cámara de separación.

En un segundo aspecto, se revelan las realizaciones de un sistema de control de estabilidad para un hidrociclón que comprende una cámara de separación que en uso está dispuesta para generar un núcleo de aire interno para que afecte a un proceso de separación del material, el sistema de control que comprende:

- un sistema sensor dispuesto para medir tanto un parámetro de vibración de la cámara de separación, y un parámetro de estabilidad del núcleo de aire interno, durante el funcionamiento del hidrociclón; y

- un controlador dispuesto para comparar las mediciones con parámetros correspondientes predefinidos del hidrociclón que son indicativos de al menos de un funcionamiento estable e inestable del mismo, el controlador dispuesto además para ajustar un parámetro de funcionamiento del hidrociclón en función de la comparación.

En ciertas realizaciones, el sistema puede comprender un primer sensor dispuesto para tomar la medición del parámetro de estabilidad desde el interior del núcleo de aire interno.

En ciertas realizaciones, el primer sensor puede ser un sensor de proximidad situado en el centro dentro de la cámara de separación y que está configurado para medir un diámetro del núcleo de aire interno, basándose en una proximidad del material sólido que circula alrededor del núcleo de aire interno.

En ciertas realizaciones, el primer sensor puede ser un sensor de presión montado en el centro dentro de la cámara de separación y que está configurado para medir una presión dentro del núcleo de aire interno.

En ciertas realizaciones, el sistema sensor puede comprender un sensor de vibración dispuesto para medir el parámetro de vibración. En ciertas realizaciones, el sensor de vibración se puede montar en una pared de la cámara de separación.

En ciertas realizaciones, el controlador puede estar dispuesto para ajustar uno cualquiera o más de los siguientes parámetros de funcionamiento: presión de un material de entrada; tamaño de una entrada a través de la cual el material pasa antes de entrar en la cámara de separación; tamaño de una salida superior para la descarga de una primera fase; y el tamaño de una salida inferior para la descarga de una segunda fase.

En ciertas realizaciones, el hidrociclón puede comprender una cámara de salida superior auxiliar que tiene un conducto de aire definido en el mismo, y en donde además uno de los parámetros ajustables es una presión dentro del conducto de aire y/o la geometría del mismo.

En ciertas realizaciones, el controlador puede estar dispuesto para hacer un primer ajuste del(los) parámetro(s) de funcionamiento en respuesta a la determinación de que el parámetro de vibración está aumentando en relación con el parámetro predefinido y que un diámetro del núcleo de aire está disminuyendo.

En ciertas realizaciones, el controlador puede estar dispuesto para hacer un primer ajuste del(los) parámetro(s) de funcionamiento en respuesta a la determinación de que el parámetro de vibración está aumentando en relación con el parámetro predefinido y que una presión del núcleo de aire está aumentando.

En ciertas realizaciones, el controlador puede estar dispuesto para hacer un segundo ajuste del(los) parámetro(s) de funcionamiento en respuesta a la determinación de que el parámetro de vibración está disminuyendo en relación con el parámetro predefinido y que un diámetro del núcleo de aire está aumentando.

En ciertas realizaciones, el controlador puede estar dispuesto para hacer un segundo ajuste del(los) parámetro(s) de funcionamiento en respuesta a la determinación de que el parámetro de vibración está disminuyendo en relación con el parámetro predefinido y que la presión del núcleo de aire está disminuyendo.

En ciertas realizaciones, el primer ajuste puede ajustar el(los) parámetro(s) de funcionamiento de una manera opuesta al segundo ajuste.

En un tercer aspecto, se revelan las realizaciones de un hidrociclón que implementa un sistema de control de estabilidad de acuerdo con el segundo aspecto.

En un cuarto aspecto, se revelan las realizaciones un método del funcionamiento de un hidrociclón, donde el ciclón comprende una cámara de separación que, en uso está dispuesto para generar un núcleo de aire interno para que afecte un proceso de separación del material, el método que comprende:

- medir un parámetro de estabilidad del núcleo de aire interno durante el funcionamiento del hidrociclón;

- comparar las mediciones con uno o más parámetros de estabilidad correspondientes predefinidos del hidrociclón que son indicativos de un funcionamiento estable del mismo; y

- ajustar un parámetro de funcionamiento del hidrociclón en respuesta a la determinación de que las mediciones son indicativos de una salida de funcionamiento estable, basándose en la comparación.

En un quinto aspecto, se revelan las realizaciones de un sistema de control de estabilidad para un hidrociclón, donde el ciclón comprende una cámara de separación que en uso está dispuesta para generar un núcleo de aire interno para que afecte un proceso de separación de materiales, comprendiendo el sistema de control:

- un sistema sensor dispuesto para medir un parámetro de estabilidad del núcleo de aire interno durante el funcionamiento del hidrociclón; y

- un controlador dispuesto para comparar las mediciones con uno o más parámetros predefinidos correspondientes de estabilidad del hidrociclón que son indicativos de un funcionamiento estable del mismo, el controlador dispuesto además

para ajustar un parámetro de funcionamiento del hidrociclón en respuesta a la determinación de que las mediciones son indicativas de una salida del funcionamiento estable, basado en la comparación.

En un sexto aspecto, se revelan las realizaciones de un sistema de control de estabilidad que puede comprender un sensor de la estabilidad del segundo o quinto aspecto.

En un séptimo aspecto, se revelan las realizaciones de un programa de ordenador que comprende al menos una instrucción que, cuando se implementa por un sistema informático, está dispuesto para poner en práctica el método de acuerdo con el primer o cuarto aspectos.

En un octavo aspecto, se revelan las realizaciones de un medio legible por ordenador que almacena el código informático del séptimo aspecto.

Otros aspectos, características y ventajas se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada cuando se toma en conjunción con los dibujos adjuntos, que forman parte de esta descripción y que ilustran, a modo de ejemplo, los principios de las invenciones reveladas.

Descripción de las figuras

Los dibujos adjuntos facilitan la comprensión de las diversas realizaciones:

Las figuras 1a y 1b son vistas esquemáticas en sección de un hidrociclón, que incluyen sensores de montaje de un sistema del sensor de la estabilidad, de acuerdo con una primera realización;

Las figuras 2a y 2b son esquemas en sección de un hidrociclón, que incluyen sensores de montaje de un sistema del sensor de la estabilidad, de acuerdo con una segunda realización;

Las figuras 3a y 3b son esquemas en sección de un hidrociclón, que incluyen sensores de montaje de un sistema del sensor de la estabilidad, de acuerdo con una tercera realización; y

La figura 4 es un esquema de un controlador de un sistema del sensor de la estabilidad en acuerdo con una realización.

Descripción detallada

Esta descripción se refiere a un sistema de control de estabilidad para un hidrociclón del tipo que facilita la separación de una mezcla de material líquido o semi-líquido en dos fases de interés. El sistema de control de estabilidad está dispuesto para permitir la detección de un funcionamiento inestable del hidrociclón (en relación con el proceso de separación) en una etapa temprana y hacer los ajustes apropiados para devolver el hidrociclón a un funcionamiento estable.

Con referencia a la figura 1a, se muestra una vista esquemática en sección de un hidrociclón 10 de diseño convencional que comprende un cuerpo 12 principal que tiene una cámara 13 definida en el mismo. La cámara 13 comprende una sección 14 de entrada y una sección 15 de separación cónica. El hidrociclón incluye además una entrada de alimentación (no se muestra) para la alimentación de una mezcla de partículas transportadas en forma de una suspensión de partículas, en la sección 14 de entrada de la cámara 13. Una salida 18 de desbordamiento (en lo sucesivo "salida superior") está situada centralmente en una pared 20 superior de la cámara 13 para la descarga de una primera de las fases. Una salida 22 de desbordamiento por abajo (en lo sucesivo "salida inferior") está situada centralmente en el otro extremo de la cámara 13, para la descarga de una segunda de una de las fases. El hidrociclón 10 está dispuesto para generar un núcleo de aire interno alrededor de la cual circula la suspensión. Durante el funcionamiento estable, el hidrociclón 10 opera de tal manera que una fase sólida más ligera de la suspensión se descarga a través de la salida 18 superior y una fase sólida más pesada se descarga a través de la salida 22 inferior. Esto se muestra mejor en la Figura 1b, donde el núcleo de aire generado internamente está representado por las líneas de puntos que corren a lo largo del cuerpo 12.

El hidrociclón 10 implementa un sistema de control de estabilidad que comprende uno o más sensores de vibración (o transductores) dispuesto para medir un parámetro de vibración del cuerpo 12 principal. En el contexto de la especificación, se entenderá que el término vibración debe interpretarse ampliamente e incluir dentro de su alcance cualquier desplazamiento o movimiento oscilatorio y como tal puede corresponder (dependiendo de la magnitud) a las variaciones en el desplazamiento como una función del tiempo y/o la velocidad y/o aceleración. En la realización ilustrada, el sistema de control de estabilidad comprende una pluralidad de sensores 24 de vibración de baja frecuencia, que están montados en una pared externa de la cámara 13 del cuerpo 12 principal, y dispuesto para medir los cambios en la frecuencia resonante operativa del hidrociclón 10 (i.e., generado a través de la suspensión en contacto con las paredes internas a medida que circula alrededor del núcleo de aire). Se entenderá que los sensores 24 de vibración

pueden detectar ventajosamente pequeñas variaciones en el proceso hidrodinámico de separación que pueden ser indicativos de una desviación de una condición de funcionamiento estable.

El sistema de control de estabilidad comprende además al menos un sensor 26 dispuesto para medir un parámetro de estabilidad del núcleo de aire generado dentro del cuerpo 12. El sensor 26 está situado centralmente dentro del cuerpo 12 de tal manera que está en comunicación de fluido con el núcleo de aire. Por ejemplo, el sensor 26 puede estar montado sobre una estructura de soporte que se acopla a una porción de collar de la entrada 18 superior. En una realización, el sensor 26 puede ser en forma de un sensor de presión dispuesto para medir una presión dentro del núcleo de aire. En una realización alternativa, el sensor 26 puede estar dispuesto para medir la geometría de núcleo de aire. Por ejemplo, el sensor 26 puede estar en la forma de un sensor de proximidad dispuesto para medir la proximidad de la suspensión que circula alrededor del núcleo de aire (lo que permite que el diámetro del núcleo de aire sea determinado). En incluso otra realización, tanto un sensor de proximidad como un sensor de presión pueden ser empleados. Las mediciones de la presión y/o de geometría proporcionan ventajosamente una indicación de variaciones finas que ocurren dentro del núcleo de aire que pueden no ser detectables por el sensor de vibración y que proporcionan otra indicación temprana de la inestabilidad.

Con referencia a la figura 4, el sistema de control de estabilidad comprende además un controlador en forma de un microprocesador 30. Como se muestra en la figura 4, el microprocesador 30 implementa un número de módulos, incluyendo un módulo 32 de comunicación dispuesto para comunicarse con los sensores 24, 26 para recibir las mediciones de los diferentes parámetros tomados de forma continua durante el funcionamiento del hidrociclón 10. Un módulo 34 de comparación compara las medidas contra parámetros predefinidos correspondientes que son indicativos de un funcionamiento estable u óptimo del hidrociclón 10. Los parámetros predefinidos se almacenan en la memoria 36. Un módulo 38 de control está dispuesto para realizar varias acciones de control que dependen de la salida del módulo 34 de comparación para mantener o restablecer la estabilización del proceso de separación del hidrociclón. En una realización, el módulo 38 de control está dispuesto para controlar uno o más accionadores, o similares dispuestos para controlar una presión de la suspensión de entrada, el tamaño de la entrada de alimentación, tamaño de la salida 18 de desbordamiento superior y las dimensiones de la salida 22 de desbordamiento por abajo. Por ejemplo, donde la presión de la suspensión de entrada es para ser ajustada, el módulo 38 de control puede controlar una bomba que tiene una velocidad de rotor variable y/o un dispositivo dispuesto para reducir o aumentar la sección transversal de la entrada de alimentación. Se comprenderá que el controlador 30 puede estar dispuesto para controlar cualquiera de los parámetros de funcionamiento deseados para ajustar la hidrodinámica del sistema para mantener o restablecer un proceso de separación estable.

Una disposición alternativa del sensor de hidrociclón se muestra en la figura 2a.

De acuerdo con esta realización, el hidrociclón 10' comprende una cámara 40 superior auxiliar situada adyacente a la pared 20 superior del cuerpo 12 de ciclón. La cámara 40 superior auxiliar está alineada verticalmente con la cámara 13 de separación y se comunica con la cámara 13 de separación a través de una salida 42 auxiliar. Una salida 18 de desbordamiento superior se proporciona en una región de la cámara 40 auxiliar que está situada radialmente hacia fuera de la salida 42 auxiliar. De acuerdo con esta disposición alternativa, el sensor 26 está unido a los soportes que se fijan a una porción superior de la cámara 40 auxiliar (i.e., que corta el eje central del hidrociclón 10'). La figura 2b ilustra el movimiento de la suspensión a medida que pasa a través del hidrociclón 10' de la figura 2a. Vale la pena señalar que la salida 18 de desbordamiento superior está tangencialmente alineada con la cámara 40 auxiliar, una característica que facilita la estabilidad del núcleo de aire. Además de proporcionar un núcleo de aire más estabilizado, de acuerdo con la segunda realización, la suspensión no tiene, o menos riguroso, contacto con la porción superior de la cámara 40 auxiliar a la que el sensor 26 está asegurado, lo que aumenta la vida operativa del sensor 26.

La figura 3a muestra una realización adicional de una disposición de sensor de hidrociclón. De acuerdo con esta realización, la cámara 40 auxiliar del hidrociclón 10 " comprende un conducto 44 de aire que está alineado y en contacto fluido con el núcleo de aire generado en la cámara 13 de separación. El sensor 26 puede estar en la forma de un sensor de presión conectado de manera fluida con el conducto 44, y el módulo 38 de control está dispuesto para ajustar la presión de aire dentro del conducto 44 de aire, ajustando así indirectamente la presión dentro de dicho núcleo de aire (i.e., para mantener o restaurar la estabilidad). La figura 3B ilustra el movimiento de la suspensión a medida que pasa a través del hidrociclón 10”.

Una metodología para el funcionamiento del sistema de control de estabilidad comprende medir tanto un parámetro de vibración de la cámara de separación como un parámetro de estabilidad del núcleo interno de aire durante el funcionamiento del hidrociclón, utilizando sensores/transductores 24, 26 como se describió previamente. Las mediciones son entonces comunicadas al controlador 30 que compara las medidas contra parámetros correspondientes predefinidos que son indicativos de un funcionamiento estable del hidrociclón. El controlador 30 puede entonces ajustar uno o más parámetros de funcionamiento del hidrociclón, si basándose en la comparación, se determina que las mediciones son indicativos de una salida a partir del funcionamiento estable del hidrociclón.

Por ejemplo, un primer ajuste del(los) parámetro(s) de funcionamiento se puede hacer en respuesta a la determinación de que el parámetro de vibración está aumentando en relación con el parámetro predefinido y que un diámetro del núcleo de aire está disminuyendo. Tal comparación puede ser indicativo de enlazado y por lo tanto el primer ajuste, por ejemplo, puede ser para disminuir la velocidad o la presión de entrada de la suspensión (o ajustar otro parámetro de funcionamiento conocido para remediar una condición de inestabilidad de enlazado). Alternativamente, cuando el sensor 26 está dispuesto para medir la presión, el primer ajuste se puede hacer en respuesta a la determinación de ambos un aumento de la vibración y de la presión del núcleo de aire.

Cuando la comparación es indicativo de inestabilidad a través de un exceso de finos que se desvían a través de la salida 22 inferior (i.e., disminución relativa de la vibración y, o bien aumento de la geometría o disminución de la presión), un segundo ajuste se puede hacer por el controlador 30. El segundo ajuste puede ser el opuesto del primer ajuste (por ejemplo, para aumentar la velocidad de alimentación, presión o ajustar otros parámetros de funcionamiento conocidos para poner remedio a la condición de inestabilidad por el desvió de finos).

Se apreciará que las realizaciones anteriores pueden operar para detectar la inestabilidad de un proceso de separación de hidrociclón en una etapa muy temprana mediante el control de forma simultánea de condiciones hidrodinámicas (i.e., por medio del(los) sensor(es) de vibración), así como características del núcleo de aire. En otras palabras, las realizaciones se basan en la comprensión de que las condiciones óptimas de funcionamiento no dependen exclusivamente de la hidrodinámica de la suspensión o de la geometría del núcleo de aire, sino de una combinación de las dos. En efecto, para ciertas condiciones hidrodinámicas hay un intervalo en el cual las propiedades del núcleo de aire pueden variar, sin apartarse de un funcionamiento óptimo. Sin embargo, para diferentes condiciones hidrodinámicas, el rango en el cual las propiedades del núcleo de aire se pueden variar sin apartarse de un funcionamiento óptimo no es el mismo. Expresado de otra manera, los sensores de vibración permiten la detección de variaciones menores en la hidrodinámica proceso de separación (asociado a las desviaciones eventuales desde el punto de funcionamiento óptimo) que no se observan necesariamente en el núcleo de aire, mientras que los sensores de la presión y/o geometría del núcleo de aire permiten detectar pequeñas variaciones en el proceso de separación (asociado a las desviaciones eventuales desde el punto de funcionamiento óptimo) que no se observan necesariamente en las vibraciones.

Otra ventaja de al menos una realización descrita es que el sistema de control de estabilidad es capaz de detectar rápidamente la presencia de objetos extraños en el hidrociclón, tales como triturado de bolas o varillas (i.e., a partir de un proceso de molienda aguas arriba) que puede afectar a la geometría interna del hidrociclón y, como resultado, perjudica gravemente la capacidad de separación del hidrociclón y/o su integridad.

En una realización alternativa, el controlador puede estar dispuesto para almacenar ambas mediciones predefinidas indicativas de un funcionamiento estable y un funcionamiento inestable y las mediciones tomadas por los sensores en comparación contra ambas mediciones predefinidas para identificar un inicio del enlazado o una desviación de finos. Alternativamente, el controlador sólo puede almacenar mediciones predefinidas indicativas de un funcionamiento inestable, con la determinación sobre la base solamente de esos resultados (i.e., sin los ajustes realizados hasta que las mediciones corresponden con las mediciones inestables predefinidas).

En incluso una alternativa adicional, el sistema de control de estabilidad puede implementar sólo el sensor de parámetro de estabilidad para el núcleo de aire (i.e., presión o proximidad), con las mediciones comparadas contra unos parámetros de estabilidad correspondientes indicativas de un funcionamiento estable o inestable para determinar una desviación de una condición de funcionamiento estable.

En la descripción anterior de ciertas realizaciones, se ha recurrido a la terminología específica para claridad. Sin embargo, la divulgación no pretende estar limitada a los términos específicos así seleccionados, y se debe entender que cada término específico incluye otros equivalentes técnicos que funcionan de una manera similar para lograr un propósito técnico similar. Los términos tales como "superior" e "inferior", "arriba" y "abajo" y similares se utilizan como palabras de conveniencia para proporcionar puntos de referencia y no se deben interpretar como términos limitativos.

En esta especificación, la palabra "que comprende" se debe entender en su sentido "abierto", es decir, en el sentido de "que incluye", y por lo tanto no limitado a su sentido "cerrado", es decir, el sentido de "que consiste solamente de ". Un significado correspondiente se debe atribuir a las palabras correspondientes "comprenden", "comprendido" y "comprende" donde aparecen.

La descripción anterior se proporciona en relación con varias realizaciones que pueden compartir características y rasgos comunes. Se debe entender que una o más características de cualquier realización pueden ser combinables con una o más características de las otras realizaciones. Además, cualquier característica o combinación de características en cualquiera de las realizaciones pueden constituir realizaciones adicionales.

Además, lo anterior describe únicamente algunas realizaciones de las invenciones, y alteraciones, modificaciones, adiciones y/o cambios se pueden hacer en la misma sin apartarse del alcance y el espíritu de las realizaciones reveladas, siendo las realizaciones ilustrativas y no restrictivas.

Además, las invenciones han descrito en conexión con lo que actualmente se consideran que son las realizaciones más prácticas y preferidas, se debe entender que la invención no está limitada a las realizaciones reveladas, sino que por el contrario, está destinada a cubrir varias modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del alcance de las invenciones. Además, las diversas realizaciones descritas anteriormente se pueden implementar en conjunción con otras realizaciones, por ejemplo, aspectos de una realización se pueden combinar con aspectos de otra realización para realizar otras realizaciones. Además, cada característica independiente o componente de cualquier montaje dado puede constituir una realización adicional.

REIVINDICACIONES

1. Un método del funcionamiento de un hidrociclón (10), donde el ciclón comprende una cámara (13) de separación, que en uso está dispuesta para generar un núcleo de aire interno para efectuar un proceso de separación del material, el método que comprende:

- medir tanto un parámetro de vibración de la cámara (13) de separación como un parámetro de estabilidad del núcleo de aire interno durante el funcionamiento del hidrociclón;

- realizar una comparación de estas mediciones con los parámetros correspondientes predefinidos del hidrociclón (10) que son indicativos de un funcionamiento estable y/o inestable del mismo; y

- ajustar un parámetro de funcionamiento del hidrociclón en función de la comparación.

2. Un método del funcionamiento de un hidrociclón de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además tomar la medición del parámetro de estabilidad desde el interior del núcleo de aire interno.

3. Un método del funcionamiento de un hidrociclón de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en donde el parámetro de estabilidad del núcleo de aire interno se asocia con una geometría del núcleo de aire interno.

4. Un método del funcionamiento de un hidrociclón de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el parámetro de estabilidad del núcleo de aire interno es un diámetro del núcleo de aire interno.

5. Un método del funcionamiento de un hidrociclón de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en donde el parámetro de estabilidad del núcleo de aire interno es una presión dentro del núcleo de aire.

6. Un método del funcionamiento de un hidrociclón de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el ajuste puede comprender un ajuste de uno cualquiera o más de los siguientes parámetros de funcionamiento: presión de un material de entrada; tamaño de una entrada a través de la cual el material pasa antes de entrar en la cámara de separación; tamaño de una salida superior para la descarga de una primera fase; y el tamaño de una salida inferior para la descarga de una segunda fase.

7. Un método del funcionamiento de un hidrociclón de acuerdo con la reivindicación 6, cuando depende de la reivindicación 4, que comprende además hacer un primer ajuste del(los) parámetro(s) de funcionamiento en respuesta a la determinación de que el parámetro de vibración está aumentando en relación con el parámetro predefinido y que un diámetro del núcleo de aire está disminuyendo.

8. Un método del funcionamiento de un hidrociclón de acuerdo con la reivindicación 6, cuando depende de la reivindicación 5, que comprende además hacer un primer ajuste del(los) parámetro(s) de funcionamiento en respuesta a la determinación de que el parámetro de vibración está aumentando en relación con el parámetro predefinido y que una presión del núcleo de aire está aumentando.

9. Un método de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende además hacer un segundo ajuste del(los) parámetro(s) de funcionamiento en respuesta a la determinación de que el parámetro de vibración está disminuyendo en relación con el parámetro predefinido y que un diámetro del núcleo de aire está aumentando.

10. Un método de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende además hacer un segundo ajuste del(los) parámetro(s) de funcionamiento en respuesta a la determinación de que el parámetro de vibración está disminuyendo en relación con el parámetro predefinido y que la presión del núcleo de aire está disminuyendo.

11. Un método de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, en donde el primer ajuste ajusta el(los) parámetro(s) de funcionamiento de una manera opuesta al segundo ajuste.

12. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además tomar las mediciones del parámetro de vibración en una pared exterior de la cámara de separación.

13. Un sistema de control de estabilidad para un hidrociclón (10) que comprende una cámara (13) de separación que en uso está dispuesta para generar un núcleo de aire interno para que afecte a un proceso de separación del material, el sistema de control que comprende:

- un sistema del sensores (24, 26) dispuesto para medir tanto un parámetro de vibración de la cámara (13) de separación, como un parámetro de estabilidad del núcleo de aire interno, durante el funcionamiento del hidrociclón; y

- un controlador (30) dispuesto para comparar las mediciones con parámetros correspondientes predefinidos del hidrociclón (10), que son indicativos de al menos una de un funcionamiento estable e inestable del mismo, el controlador (30) dispuesto además para ajustar un parámetro de funcionamiento del hidrociclón en función de la comparación.

14. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 13, en donde el sistema del sensor comprende un primer sensor dispuesto para tomar la medición del parámetro de estabilidad desde el interior del núcleo de aire interno.

15. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 14, en donde el primer sensor es un sensor de proximidad situado en el centro dentro de la cámara de separación y está dispuesto para medir un diámetro del núcleo de aire interno basándose en una proximidad del material sólido que circula alrededor del núcleo de aire interno .

16. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 14, en donde el primer sensor es un sensor de presión montado en el centro dentro de la cámara de separación y está dispuesto para medir una presión dentro del núcleo de aire interno.

17. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, en donde el sistema sensor comprende un sensor de vibración dispuesto para medir el parámetro de vibración.

18. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 17, en donde el sensor de vibraciones está montado en una pared de la cámara de separación.

19. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 18, en donde el controlador está dispuesto para ajustar uno cualquiera o más de los siguientes parámetros de funcionamiento: presión de un material de entrada; tamaño de una entrada a través de la cual el material pasa antes de entrar en la cámara de separación; tamaño de una salida superior para la descarga de una primera fase; y el tamaño de una salida inferior para la descarga de una segunda fase.

20. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 19, en donde el hidrociclón comprende una cámara de salida superior auxiliar que tiene un conducto de aire definido en el mismo, y en donde uno más de los parámetros ajustables es una presión dentro del conducto de aire y/o la geometría del mismo.

21. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 19 o 20, cuando depende de la reivindicación 15, en donde el controlador está dispuesto para hacer un primer ajuste del(los) parámetro(s) de funcionamiento en respuesta a la determinación de que el parámetro de vibración está aumentando en relación con el parámetro predefinido y que un diámetro del núcleo de aire está disminuyendo.

22. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 19, cuando depende de la reivindicación 16, en donde el controlador está dispuesto para hacer un primer ajuste del(los) parámetro(s) de funcionamiento en respuesta a la determinación de que el parámetro de vibración está aumentando en relación con el parámetro predefinido y que una presión del núcleo de aire está aumentando.

23. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 21, en donde el controlador está dispuesto para hacer un segundo ajuste del(los) parámetro(s) de funcionamiento en respuesta a la determinación de que el parámetro de vibración está disminuyendo en relación con el parámetro predefinido y que un diámetro del núcleo de aire está aumentando.

24. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 22, en donde el controlador está dispuesto para hacer un segundo ajuste del(los) parámetro(s) de funcionamiento en respuesta a la determinación de que el parámetro de vibración está disminuyendo en relación con el parámetro predefinido y que la presión del núcleo de aire está disminuyendo.

25. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 23 o 24, en donde el primer ajuste ajusta el(los) parámetro(s) de funcionamiento de una manera opuesta al segundo ajuste.

26. Un hidrociclón (10) que implementa un sistema de control de estabilidad de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 25.

27. Un programa de ordenador que comprende al menos una instrucción que, cuando se implementa por un sistema informático, está configurado para implementar el método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.

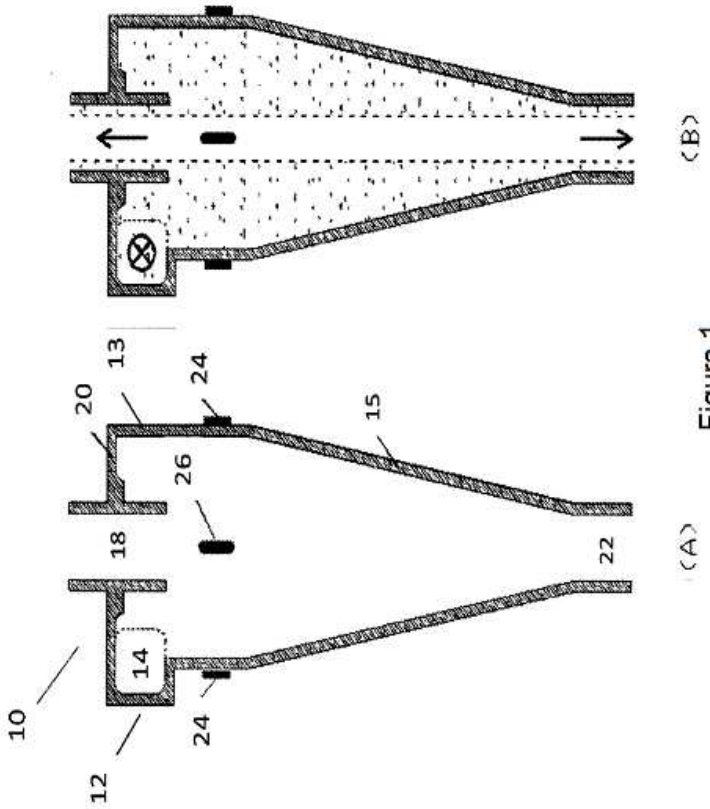

Figura 1

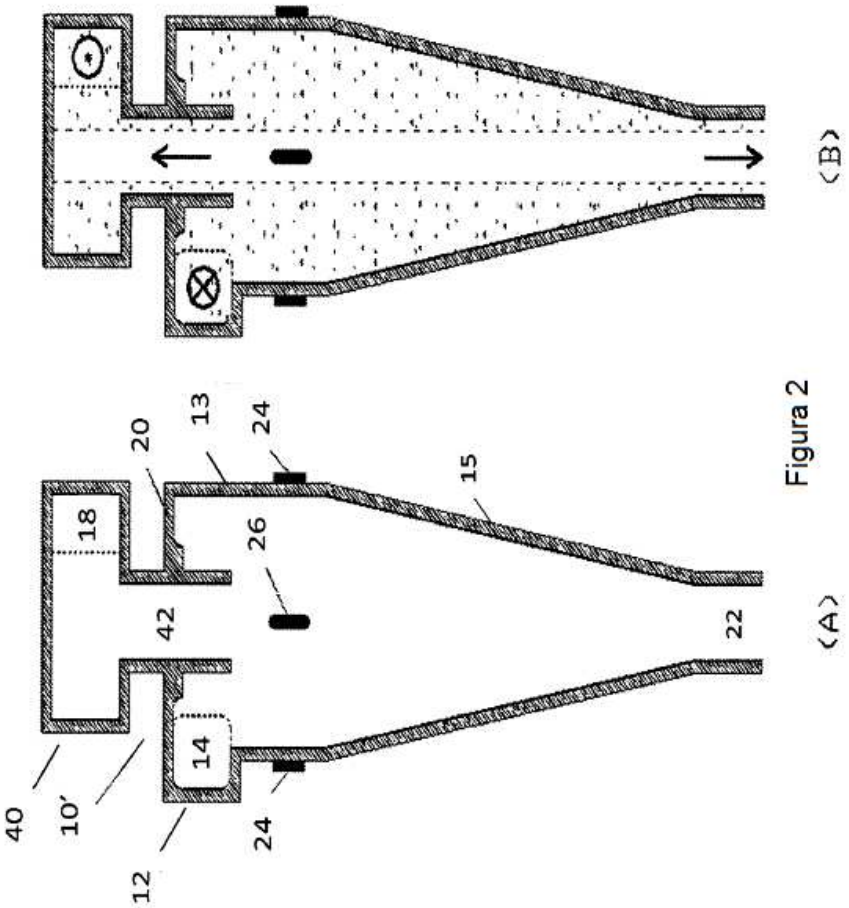

Figura 2

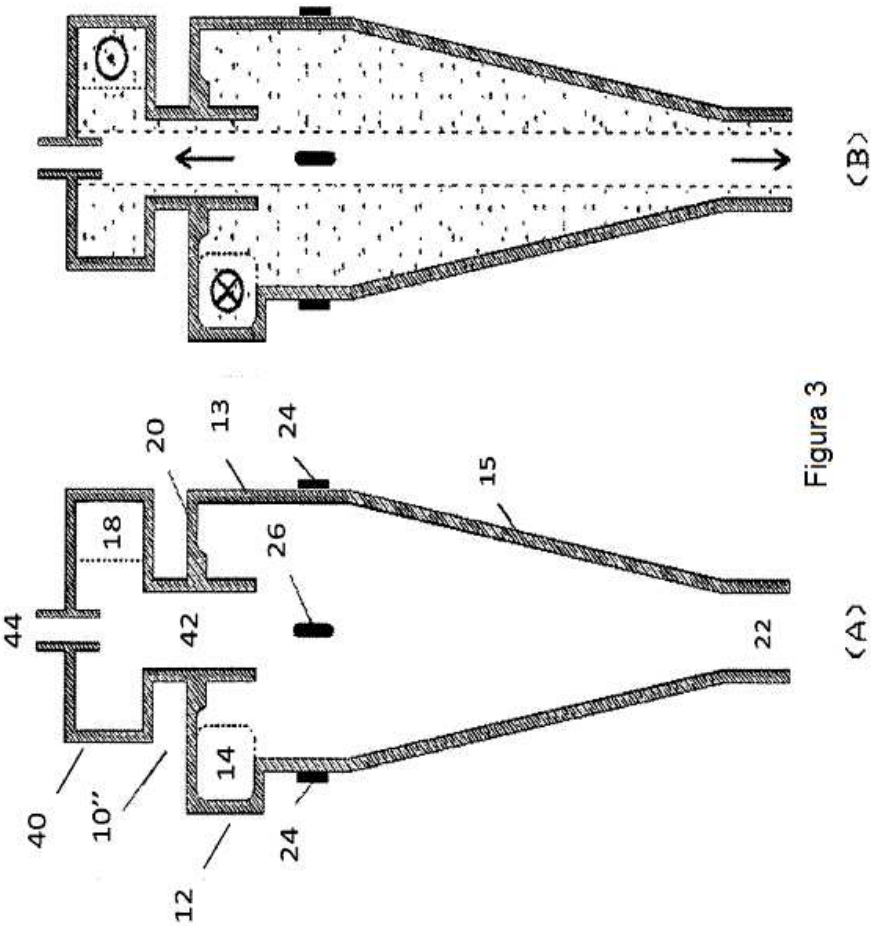

Figura 3

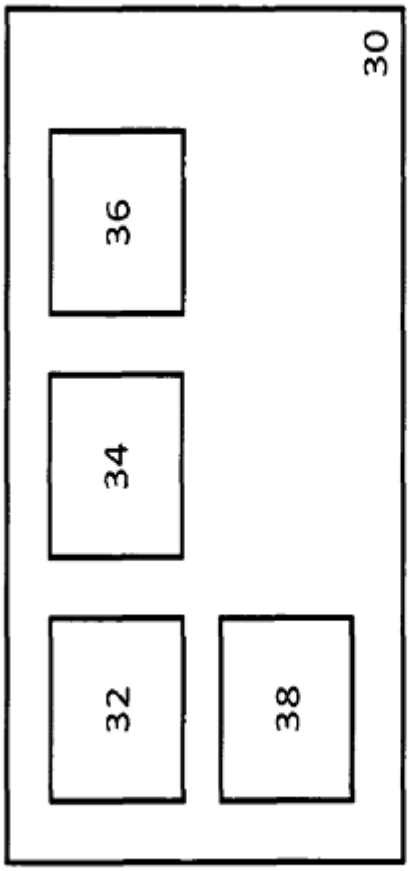

Figura 4