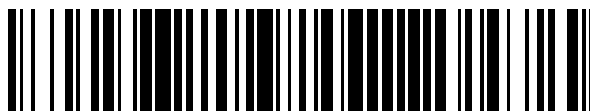


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 197**

51 Int. Cl.:

B02C 17/18 (2006.01)

B02C 17/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.04.2015 PCT/FI2015/050288**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.11.2015 WO15166140**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2015 E 15720754 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.06.2018 EP 3137218**

54 Título: **Método y disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande, y tambor de molino de trituración grande**

30 Prioridad:

28.04.2014 FI 20145394

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

16.10.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**PIRTTINIEMI, JUKKA;
PORKKA, ESA y
VATANSKI, NIKOLAI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 686 197 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 y disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande, y tambor de molino de trituración grande

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere al campo de procedimientos minerales y metalúrgicos, a la disgregación en general y a la disgregación mediante molinos de volteo, y más particularmente a un método y disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande, y a un tambor de molino de trituración grande.

Antecedentes de la invención

- 10 Uno de los procedimientos más comunes en minería y metalurgia es el procedimiento de fragmentación o disgregación de mena. Al procesar material para la recuperación selectiva o colectiva de componentes de materiales valiosos, los procedimientos correspondientes están precedidos por el procedimiento de fragmentación, es decir, machacado mecánico o disgregación del material de modo que se liberan los componentes valiosos, los unos de los otros. La fragmentación es la reducción del tamaño de partícula de los materiales. La fragmentación se consigue mediante detonación, machacado y trituración. Después de la fragmentación los componentes se aíslan entonces
15 unos de otros con la ayuda de métodos de separación conocidos, estando este aislamiento supeditado a diferencias de color, forma, densidad o a diferencias en sus propiedades magnéticas y tensioactivas respectivas, u otras propiedades.

- 20 En el procedimiento de fragmentación en primer lugar se excava, descompone o retira mediante detonación mena o roca. La detonación es el uso controlado de explosivos y otros métodos en minería, minería a cielo abierto e ingeniería civil. Normalmente la detonación produce partículas de un tamaño que tiene un diámetro de 500 mm o más.

- 25 El machacado es la reducción del tamaño de partícula de materiales de mena o roca usando dispositivos de machacado, es decir, machacadoras. Se utilizan machacadoras, por ejemplo, machacadoras de mandíbulas, machacadoras giratorias o machacadoras de cono, para reducir el tamaño, o cambiar la forma, de materiales de modo que puedan diferenciarse partes de diferente composición. En el procedimiento de machacado los dispositivos de machacado sujetan el material que está triturándose entre dos superficies sólidas paralelas o tangentes de un material más fuerte y aplican suficiente fuerza para juntar dichas superficies. Normalmente en un procedimiento de machacado se machacan partículas que tienen un diámetro de hasta 1000 mm para dar partículas que tienen un diámetro de 5 mm o más.

- 30 La trituración es la reducción del tamaño de partícula de materiales de mena o roca en molinos de trituración. En operaciones de minerales industriales y de minería de roca dura, las demandas de equipos rotatorios de procesamiento mineral y metalúrgico, tales como molinos de trituración, son muy altas en tanto cuanto a eficacia de trituración como cuanto a consumo de energía. Normalmente en un procedimiento de trituración se trituran partículas que tienen un diámetro de hasta 1000 mm para dar partículas que tienen un diámetro de 0,010 mm o más. Esta
35 trituración convencional de materiales tiene como resultado un desgaste considerable en los cuerpos de trituración presentes en el molino, debido a la dureza de la roca correspondiente, con lo cual también da como resultado costes considerables para la provisión de tales cuerpos de trituración.

- 40 Los equipos rotatorios de procesamiento mineral y metalúrgico, tales como los molinos de trituración, son normalmente muy grandes, teniendo un diámetro de varios metros. Los molinos de trituración pueden soportarse por muñón o soportarse por casco. Los molinos soportados por muñón es la forma más común de soportar un molino en una aplicación de procesamiento de minerales, especialmente en molinos de trituración muy grandes. En una disposición de cojinetes de un molino de trituración soportado por muñón los cojinetes de soporte tienen un diámetro de cojinete relativamente pequeño y las chumaceras de muñón tienen superficies de chumacera duras altamente constantes, lo que facilita la formación de una buena distribución de la película lubricante de los cojinetes. Los
45 molinos de trituración soportados por casco son más compactos, ocupan menos superficie y requieren cimentaciones más sencillas que molinos de trituración soportados por muñón similares. Debido a que las placas de extremo de los molinos de trituración soportados por casco no soportan la estructura, las aberturas de alimentación y descarga pueden dimensionarse para cumplir las condiciones del procedimiento sin estar limitadas por limitaciones del cojinete de muñón.

- 50 Un molino de bolas es un tipo típico de trituradora fina. Sin embargo, los molinos de trituración rotatorios minerales y metalúrgicos son hoy en día por lo general molinos de trituración autógenos o molinos de trituración semiautógenos diseñados para triturar o machacar de manera primaria mena. Los molinos de trituración autógenos se denominan así debido a la autotrituración de la mena. En un molino de trituración autógeno un tambor giratorio arroja rocas de mena más grandes en un movimiento en cascada lo que provoca la rotura por impacto de rocas más grandes y la
55 trituración por compresión de partículas más finas. En la trituración autógena el propio material real, es decir, el material que se va a triturar, forma los cuerpos de trituración.

Los molinos de trituración semiautógenos son similares a los molinos autógenos, pero utilizan bolas de trituración,

por ejemplo bolas de trituración de acero, para ayudar en la trituración como en un molino de bolas. La atrición entre bolas de trituración y partículas de mena provoca la trituración de partículas más finas. Los molinos de trituración semiautógenos normalmente usan una carga de bolas de trituración del 8 al 21%, a veces una carga de bolas de trituración del 5 al 60%. Un molino de trituración semiautógeno se usa generalmente como solución de trituración primaria o de primera etapa. Los molinos de trituración semiautógenos se usan principalmente en minas de oro, cobre y platino con aplicaciones también en las industrias de plomo, cinc, plata, alúmina y níquel.

Los molinos de trituración autógenos y semiautógenos se caracterizan por su gran diámetro y longitud corta en comparación con los molinos de bolas. Los equipos rotatorios de procesamiento mineral y metalúrgico tales como los molinos de trituración autógenos y semiautógenos se accionan normalmente por coronas dentadas, con una protección completamente cerrada de 360°.

El interior de un molino de trituración autógeno o semiautógeno está revestido con revestimientos de molino. Los materiales de revestimiento de molino incluyen normalmente acero colado, hierro colado, caucho macizo, compuestos de caucho-acero o cerámica. Los revestimientos del molino incluyen elementos de levantamiento, por ejemplo barras de levantamiento para levantar el material dentro del molino, donde a continuación cae de los elementos de levantamiento sobre el resto de la carga de mena.

El equipo rotatorio de procesamiento mineral y metalúrgico que está dotado de los elementos de levantamiento internos es normalmente difícil de controlar. Por ejemplo, en molinos de trituración autógenos o molinos de trituración semiautógenos el avance al molino también actúa como un medio de trituración, y los cambios en la alimentación tienen un gran efecto sobre la eficacia de trituración. El cambio en las propiedades de alimentación es un fenómeno normal que necesita tenerse en cuenta al controlar los equipos rotatorios de procesamiento mineral y metalúrgico.

En molinos de trituración autógenos o semiautógenos, los depósitos de mineral existentes raramente tienen una estructura homogénea y una resistencia mecánica homogénea. Las propiedades de material tales como dureza, tamaño de partícula, densidad y tipo de mena también cambian constantemente y por consiguiente se necesita una entrada de energía variable.

Convencionalmente la trituración se ha controlado basándose en el consumo de potencia del molino, pero particularmente en la trituración autógena y semiautógena, el consumo de potencia es extremadamente sensible a los cambios en los parámetros de alimentación. Se ha descubierto que el grado de plenitud en el molino como porcentaje del volumen del molino es una cantidad que es notablemente más estable y mucho más descriptiva en lo que respecta al estado del molino. Pero debido a que el grado de plenitud es difícil de deducir en una medición en línea, con frecuencia se considera que la medición de la carga de masa es suficiente. Sin embargo, la medición de la masa tiene propios problemas tanto en la instalación como en la deriva de la medición. Además, puede haber grandes variaciones en la densidad de carga, en cuyo caso los cambios en la masa no resultan necesariamente de cambios en el grado de plenitud.

Como resumen, el grado de plenitud es un parámetro importante que describe el estado del molino de trituración. El principal reto con el grado de la plenitud es que el parámetro es difícil de medir en línea. Un método de la técnica anterior para determinar el grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande ha sido medir el peso de un tambor de molino de trituración grande y usar el peso medido para calcular el grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande. En este método de la técnica anterior, el peso de la carga de trituración se ha utilizado como parámetro decisivo para controlar el molino. Sin embargo, este método es costoso debido a que el equipo de pesaje necesita registrar continuamente los cambios en el peso de la carga de trituración que se producen durante el funcionamiento del molino, lo que permite llevar a cabo lo más rápidamente posible las etapas necesarias para mejorar las condiciones de funcionamiento imperantes. Además el contenido en agua del molino cambia constantemente, la densidad, la dureza y el tamaño de partícula de la carga de trituración cambian constantemente. Además, los revestimientos del molino constituyen normalmente hasta el 30-50% del peso total del molino. Debido a que estos revestimientos se desgastan con el tiempo, esto tiene un efecto considerable sobre el peso del molino. Por tanto el peso del tambor de molino de trituración no es una buena indicación del grado de plenitud en el tambor del molino de trituración. En conjunto se ha descubierto que el peso de la carga de trituración no se correlaciona lo suficientemente bien con el grado de plenitud en el tambor de molino de trituración como los porcentajes de volumen de trituración.

Otro método de la técnica anterior para determinar el grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande ha sido medir y analizar el consumo de potencia o la señal de entrada de potencia de un molino de trituración grande y usar el consumo de potencia medido para calcular el grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande. Sin embargo, particularmente en molinos de trituración autógenos y semiautógenos, el consumo de potencia es extremadamente sensible a los cambios de parámetros. El requisito de potencia o energía de un molino de trituración grande depende de varios factores, tales como la densidad de la carga de trituración, una constante de molino, el grado de reposición de la carga del molino, o el volumen instantáneo de la carga en el molino de trituración, la velocidad relativa del molino, la longitud y el diámetro del molino de trituración. Además, se ha descubierto que el consumo de potencia del molino de trituración o la señal de entrada de potencia no se correlacionan lo suficiente con el grado de plenitud en el tambor de molino de trituración como los porcentajes de

volumen de trituración.

Los dos métodos de la técnica anterior presentados anteriormente son métodos del tipo de dispositivo fuera de casco para determinar el grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande. Es decir, los dispositivos de medición están instalados en el lateral del molino de trituración en la estructura circundante. Un tercer método de la técnica anterior tipo dispositivo fuera de casco para determinar el grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande ha sido medir propiedades de las ondas acústicas de un molino de trituración grande y usar las propiedades de las ondas acústicas medidas, es decir la presión acústica y/o la intensidad acústica, para estimar el grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande. En el tercer método de la técnica anterior los sensores de medición de las propiedades de ondas acústicas de tipo dispositivo fuera de casco pueden ser un único micrófono o una serie de micrófonos o esteras de micrófono que miden las propiedades de ondas acústicas procedentes del molino de trituración grande. También aquí, se ha descubierto que las propiedades de las ondas acústicas del molino de trituración medidas por el dispositivo fuera de casco sólo proporcionan una estimación aproximada del grado de plenitud.

En lo sucesivo, se describirá la técnica anterior con referencia a la figura 1 adjunta, que muestra una vista en sección transversal de un tambor de molino de trituración grande según la técnica anterior.

La figura 1 muestra una vista en sección transversal de un tambor de molino de trituración grande según la técnica anterior. En la figura 1 el molino de trituración tiene una carcasa 1 de tambor, carcasa 1 de tambor que está dotada de revestimientos. Los revestimientos de la carcasa 1 de tambor comprenden barras 2 de levantamiento, barras 2 de levantamiento que levantan el material de carga de trituración en el interior del molino, donde luego cae de las barras 2 de levantamiento sobre el resto de la carga de trituración. El ángulo en el que el material de carga de trituración en el interior del molino golpea en primer lugar una barra 2 de levantamiento se denomina "ángulo de pie" Φ_k . Respectivamente el ángulo en el que el material de carga de trituración en el interior del molino cae en primer lugar de una barra 2 de levantamiento se denomina "ángulo de hombro" Φ_s .

En los últimos años también se ha producido un gran desarrollo en lo que respecta a los dispositivos de tipo en el casco de molino. En el documento de patente US 6.874.364 se ha presentado un sistema para monitorizar ondas mecánicas procedentes de una máquina en movimiento, sistema en el que se ubica una disposición de sensor en una superficie exterior del tambor de molino de trituración. La disposición de sensor presentada tiene un sensor de ondas acústicas para medir las propiedades de las ondas acústicas y un acelerómetro para medir ondas mecánicas, es decir acontecimientos de vibraciones y acontecimientos a baja frecuencia, localización espacial de acontecimientos, y acontecimientos que se producen en los extremos del molino. El método de monitorización de ondas mecánicas presentado también puede incluir una etapa de monitorización de carga volumétrica en la máquina basándose en las ondas mecánicas medidas. Sin embargo, ni siquiera las propiedades de las ondas acústicas del molino de trituración medidas por el dispositivo de tipo en el casco de molino se correlacionan de manera suficientemente adecuada con el grado de plenitud en el tambor de molino de trituración como los porcentajes de volumen de trituración.

En el documento de patente US 5.360.174 se ha presentado una disposición para registrar el volumen de carga de trituración instantáneo de un tambor de trituración, disposición en la que está integrado un sensor de tensión en una barra flexible en el interior de una barra de levantamiento con tapa de acero o caucho del tambor de molino de trituración. En la memoria descriptiva de la patente US 5.360.174 se presenta un punto A en la figura 1 en el que un dispositivo de levantamiento se enganchará con la carga de trituración, dicho punto A también se denomina comúnmente posición de pie o ángulo de pie. De manera similar en la figura 1 de dicha memoria descriptiva de patente se presenta un punto B en el que un dispositivo de levantamiento liberará su enganche con la carga de trituración, dicho punto B también se denomina comúnmente posición de hombro o ángulo de hombro. La disposición de sensor de tensión presentada en la memoria descriptiva de la patente US 5.360.174 detecta una tensión en una barra de levantamiento provocada por la carga de trituración. Sin embargo, la disposición de sensor de tensión presentada requiere barras de levantamiento personalizadas del tambor de molino de trituración.

En el documento de patente US 7.699.249 se presenta un método para definir el grado de plenitud en un molino que se calcula basándose en el ángulo de pie medido, la velocidad de rotación del molino y las dimensiones geométricas del molino. Sin embargo, la disposición de sensor presentada no proporciona de manera suficientemente sistemática la sensibilidad de medición directa y adecuada requerida para una monitorización precisa del grado de plenitud en el tambor de molino de trituración como los porcentajes de volumen de trituración.

Una manera de calcular el grado de plenitud de un molino de trituración a partir de una fecha de medición de fuerza se da a conocer en una tesis doctoral: Kent Tano: "Continuous monitoring of Mineral Processes with Special Focus on Tumbling Mills", Lulea University of Technology, 2005:10, ISSN:1402-1544, attachment III: "On-line Measurement of Charge Position and Filling Level in Industrial Scale Mills". En general, hay algunos problemas con las soluciones de la técnica anterior para medir el grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande. Hasta ahora, las soluciones de medición son relativamente complejas y difíciles para proporcionar información fiable. Además la fiabilidad y la precisión de la medición con las soluciones de medición de la técnica anterior no han sido lo suficientemente adecuadas.

Por tanto, el problema es encontrar una solución para medir el grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande que pueda proporcionar datos de medida fiables para determinar el grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande con una mejor precisión y fiabilidad de la medición.

- 5 Existe una demanda en el mercado de un método para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande, método que sea más fiable y tenga una mejor sensibilidad de la medición en comparación con las soluciones de la técnica anterior. Igualmente, existe una demanda en el mercado de una disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande, disposición que sea más fiable y tenga una mejor sensibilidad de la medición en comparación con las soluciones de la técnica anterior; y también una demanda de un tambor de molino de trituración grande que tenga tales características.

10 **Breve descripción de la invención**

Por tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un método y un aparato para implementar el método para superar los problemas anteriores y reducir las desventajas anteriores.

Los objetos de la invención se consiguen mediante un método para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande, método que comprende las etapas de:

- 15 – medir los datos de medida de fuerza a partir de reacciones provocadas por el material de trituración, estando dichas reacciones sometidas a al menos una barra de levantamiento y a al menos un perno de barra de levantamiento del molino de trituración, usando al menos un transductor de fuerza unido a dicho al menos un perno de barra de levantamiento; y
- calcular el grado de plenitud del molino de trituración a partir de dichos datos de medida de fuerza.

- 20 Preferiblemente, en la etapa de medición también de datos de medida de posición/ángulo sobre la posición y/o el ángulo o rotación del al menos un perno de barra de levantamiento del molino de trituración, usando al menos un acelerómetro y/o inclinómetro unido o dispuesto junto a dicho al menos un perno de barra de levantamiento; y en la etapa de cálculo también se utilizan dichos datos de medida de posición/ángulo.

- 25 Alternativamente, en la etapa de cálculo se calcula en primer lugar un ángulo de pie Φ_k y/o un ángulo de hombro Φ_s del tambor de molino de trituración.

Además, los objetos de la invención se consiguen mediante una disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande, que tiene una disposición de sensor unida a al menos un perno de barra de levantamiento de al menos una barra de levantamiento del molino de trituración, teniendo dicha disposición de sensor al menos un transductor de fuerza unido a dicho al menos un perno de barra de levantamiento.

- 30 Preferiblemente, dicha disposición de sensor tiene al menos un acelerómetro y/o inclinómetro unido a dicho al menos un perno de barra de levantamiento. Alternativamente, dicha disposición de sensor tiene al menos un acelerómetro y/o inclinómetro dispuesto junto a dicho al menos un perno de barra de levantamiento.

De manera adicionalmente preferible, dicha disposición comprende además:

- 35 – una unidad de procesamiento y transmisión de datos dispuesta en la superficie de la carcasa de tambor de molino de trituración, estando dicha unidad de procesamiento y transmisión de datos conectada a dicha disposición de sensor;
- una unidad de recepción de datos dispuesta en el exterior del tambor de molino en cualquier estructura circundante fija en el exterior del tambor de molino; y
- un dispositivo de procesamiento de datos.

- 40 Preferiblemente, dicha unidad de procesamiento y transmisión de datos comprende un módulo de adquisición de señales para recibir las señales de medida de la disposición de sensor y un transmisor para transmitir los datos de medida de forma inalámbrica a dicha unidad de recepción de datos. Preferiblemente, dicha unidad de procesamiento y transmisión de datos comprende un relé para encender la unidad de procesamiento y transmisión de datos de forma inalámbrica. Preferiblemente, dicha unidad de procesamiento y transmisión de datos comprende además una
- 45 fuente de alimentación y/o un regulador y/o un amplificador.

- Preferiblemente, dicha disposición de sensor está unida a un perno de barra de levantamiento en la superficie de la carcasa de tambor de molino de trituración. Alternativamente, dichas varias disposiciones de sensor están unidas a varios pernos de barra de levantamiento en una fila en la superficie de la carcasa de tambor de molino de trituración. Alternativamente, dichas varias disposiciones de sensor están unidas a varios pernos de barra de levantamiento en
- 50 varias filas en la superficie de la carcasa de tambor de molino de trituración.

Además, los objetos de la invención se consiguen mediante un tambor de molino de trituración grande, que comprende una disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande,

teniendo una disposición de sensor unida a al menos un perno de barra de levantamiento de al menos una barra de levantamiento del molino de trituración, teniendo dicha disposición de sensor al menos un transductor de fuerza unido a dicho al menos un perno de barra de levantamiento.

Breve descripción de los dibujos

- 5 La figura 1 muestra una vista en sección transversal de un tambor de molino de trituración grande según la técnica anterior;
- La figura 2 muestra una vista en sección transversal parcial de una realización de una disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande según la presente invención;
- 10 La figura 3 muestra una vista en sección transversal parcial de una otra realización de una disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande según la presente invención;
- La figura 4 muestra una vista en perspectiva de una tercera realización de una disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande según la presente invención;
- La figura 5 muestra un diagrama esquemático de una realización de una disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande según la presente invención;
- 15 La figura 6 muestra una vista en perspectiva de una cuarta realización de una disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande según la presente invención;
- La figura 7 muestra una vista en perspectiva de una quinta realización de una disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande según la presente invención.
- 20 El dibujo de la técnica anterior de la figura 1 se ha presentado anteriormente. A continuación, se describirá la invención con mayor detalle mediante realizaciones preferidas con referencia a los dibujos adjuntos de las figuras 2 a 7.

Descripción detallada de la invención

- 25 La presente invención se refiere a un método y una disposición para registrar el volumen instantáneo o el nivel instantáneo de la carga en un tambor de trituración de mena del tipo que está dotado de medios de levantamiento internos.
- La figura 2 muestra una vista en sección transversal parcial de una realización de una disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande según la presente invención. En la figura 2 el molino de trituración tiene una carcasa 3 de tambor, carcasa 3 de tambor que está dotada de revestimientos 4. Los revestimientos 4 de la carcasa 3 de tambor comprenden barras 5, 6 de levantamiento, barras 5, 6 de levantamiento que se han unido a la carcasa 3 de tambor del molino de trituración con pernos 7, 8 de barra de levantamiento.
- 30 En la realización presentada de una disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande según la presente invención, dicha disposición de determinación tiene al menos un perno 7 de barra de levantamiento, que se ha dotado de un transductor 9 de fuerza. En la realización presentada de una disposición de determinación dicho transductor 9 de fuerza se ha unido a dicho al menos un perno 7 de barra de levantamiento con la ayuda de una arandela 10 y una tuerca 11. El transductor 9 de fuerza se utiliza para medir las reacciones provocadas por el material de trituración, estando dichas reacciones sometidas a la barra 5 de levantamiento y a dicho al menos un perno 7 de barra de levantamiento del molino de trituración. La disposición de determinación según la realización presentada de la presente invención también puede tener un acelerómetro y/o un inclinómetro dispuesto junto a dicho al menos un perno 7 de barra de levantamiento del molino de trituración.
- 35 La figura 3 muestra una vista en sección transversal parcial de otra realización de una disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande según la presente invención. En la figura 3 el molino de trituración tiene una carcasa 3 de tambor, carcasa 3 de tambor que está dotada de revestimientos 4. Los revestimientos 4 de la carcasa 3 de tambor comprenden barras 5, 6 de levantamiento, barras 5, 6 de levantamiento que se han unido a la carcasa 3 de tambor del molino de trituración con pernos 7, 8 de barra de levantamiento.
- 40 En la otra realización presentada de una disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande según la presente invención dicha disposición de determinación tiene al menos un perno 7 de barra de levantamiento, que se ha dotado de un transductor 9 de fuerza y un acelerómetro 12 y/o un inclinómetro. En la otra realización presentada de una disposición de determinación dicho transductor 9 de fuerza se ha unido a dicho al menos un perno 7 de barra de levantamiento con la ayuda de una arandela 10 y una tuerca 11. Además en
- 45 la otra realización presentada de una disposición de determinación dicho acelerómetro 12 y/o inclinómetro se ha unido a dicho al menos un perno 7 de barra de levantamiento.
- 50

El transductor 9 de fuerza se usa para medir reacciones provocadas por el material de trituración a la barra 5 de levantamiento y a dicho al menos un perno 7 de barra de levantamiento del molino de trituración. El acelerómetro 12

y/o inclinómetro se usa para medir la posición y el ángulo o rotación de dicho al menos un perno 7 de barra de levantamiento del molino de trituración y del transductor 9 de fuerza unido a dicho al menos un perno 7 de barra de levantamiento. El acelerómetro 12 y/o inclinómetro se usa para sincronizar la salida del transductor 9 de fuerza a la rotación del molino y para definir el ángulo de fase de la barra de levantamiento con respecto a la gravedad terrestre.

5 La figura 4 muestra una vista en perspectiva de una tercera realización de una disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande según la presente invención. La tercera realización de una
 10 disposición de determinación comprende una disposición 13 de sensor unida a un perno de barra de levantamiento en la superficie 3 de la carcasa del tambor de molino de trituración y una unidad 14 de procesamiento y transmisión de datos dispuesta en la superficie 3 de la carcasa del tambor de molino de trituración, estando dicha unidad 14 de
 15 procesamiento y transmisión de datos conectada a dicha disposición 13 de sensor. Dicha unidad 14 de procesamiento y transmisión de datos también puede estar unida al uno o más pernos de barra de levantamiento en la superficie 3 de la carcasa del tambor de molino de trituración. Además la tercera realización de una disposición de determinación comprende una unidad 15 de recepción de datos y un dispositivo 16 de procesamiento de datos, por
 20 ejemplo un ordenador 16 personal (PC), estando dicha unidad 15 de recepción de datos y dicho dispositivo 16 de procesamiento de datos dispuestos en el exterior del tambor de molino en cualquier estructura circundante fija en el exterior del tambor de molino. La unidad 14 de procesamiento y transmisión de datos es responsable de gestionar señales de medida sin procesar obtenidas de la disposición 13 de sensor, y transmitir las de forma inalámbrica a la
 25 unidad 15 de recepción de datos y además al dispositivo 16 de procesamiento de datos. Con aparatos que tienen una disposición 13 de sensor que consiste en un transductor de fuerza y un acelerómetro es posible medir el grado de plenitud en una sección transversal del molino.

La figura 5 muestra un diagrama esquemático de una realización de una disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande según la presente invención. La realización de una disposición de determinación mostrada en la figura 5 comprende una unidad 17 de procesamiento y transmisión de datos dispuesta en la superficie del tambor de molino de trituración y una disposición 18 de sensor unida a dicho al menos
 25 un perno de barra de levantamiento en la superficie del tambor de molino de trituración.

La unidad 17 de procesamiento y transmisión de datos de la disposición de determinación según una realización de la presente invención comprende un módulo 19 de adquisición de señales para recibir las señales de medida de la disposición 18 de sensor; un transmisor 20 para transmitir los datos de medida de forma inalámbrica a una unidad 15 de recepción de datos dispuesta en el exterior del tambor de molino en cualquier estructura circundante fija en el exterior del tambor de molino; y un relé 21 para encender la unidad 17 de procesamiento y transmisión de datos de
 30 forma inalámbrica.

La unidad 17 de procesamiento y transmisión de datos de la disposición de determinación según una realización de la presente invención también puede comprender una fuente 22 de alimentación para proporcionar potencia eléctrica a la disposición de determinación; un regulador 23 para proporcionar tensión regulada a la disposición 18 de sensor; y un amplificador 24 para proporcionar potencia regulada a un transductor 25 de fuerza de la disposición 18 de sensor y amplificar la señal de dicho transductor 25 de fuerza de la disposición 18 de sensor a un módulo de adquisición de señales.
 35

La disposición 18 de sensor de la disposición de determinación según una realización de la presente invención comprende un transductor 25 de fuerza para medir reacciones provocadas por el material de trituración a un perno de barra de levantamiento del molino de trituración; y un acelerómetro 26 y un inclinómetro 27 para medir la posición y el ángulo o rotación de un perno de barra de levantamiento del molino de trituración y del transductor 25 de fuerza unido al dicho perno de barra de levantamiento. El acelerómetro 26 y un inclinómetro 27 se usan para sincronizar la salida del transductor 25 de fuerza a la rotación del molino y para definir el ángulo de fase de la barra de levantamiento con respecto a la gravedad terrestre. El transductor 25 de fuerza puede ser cualquier tipo de
 40 transductor 25 de fuerza adecuado para medir reacciones sobre un perno de barra de levantamiento tal como, por ejemplo, un transductor de tipo galga extensométrica. El acelerómetro 26 puede ser cualquier tipo de acelerómetro 26 adecuado para medir la posición y el ángulo o rotación de un perno de barra de levantamiento tal como, por ejemplo, un acelerómetro capacitivo. El transductor 25 de fuerza también puede basarse en un sensor de fuerza, en un sensor de presión, en una galga extensométrica o en un sensor piezoeléctrico.
 45

50 La figura 6 muestra una vista en perspectiva de una cuarta realización de una disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande según la presente invención. La cuarta realización de una disposición de determinación comprende varias disposiciones 28 de sensor unidas a los varios pernos de barra de levantamiento en una fila en la superficie 3 de la carcasa del tambor del molino de trituración y una unidad 14 de procesamiento y transmisión de datos dispuesta en la superficie 3 de la carcasa del tambor de molino de trituración, estando dicha unidad 14 de procesamiento y transmisión de datos conectada a dichas varias disposiciones 28 de sensor. Dicha unidad 14 de procesamiento y transmisión de datos también puede estar unida a uno o más pernos de barra de levantamiento en la superficie 3 de la carcasa del tambor de molino de trituración. Además la cuarta realización de una disposición de determinación comprende una unidad 15 de recepción de datos y un dispositivo 16 de procesamiento de datos, por ejemplo un ordenador 16 personal (PC), estando dicha unidad 15 de recepción de datos y dicho dispositivo 16 de procesamiento de datos dispuestos en el exterior del tambor de molino en cualquier estructura circundante fija en el exterior del tambor de molino. La unidad 14 de procesamiento y transmisión de
 55
 60

datos es responsable de gestionar las señales de medida sin procesar obtenidas de las disposiciones 28 de sensor, y transmitir las de forma inalámbrica a la unidad 15 de recepción de datos y además al dispositivo 16 de procesamiento de datos. Con aparatos que tienen varias disposiciones 28 de sensor que consisten en varios transductores de fuerza y varios acelerómetros es posible medir el grado de plenitud en varias secciones transversales del molino. Además un aparato con varios transductores de fuerza y varios acelerómetros se vuelve más fiable.

La figura 7 muestra una vista en perspectiva de una quinta realización de una disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande según la presente invención. La quinta realización de una disposición de determinación comprende varias disposiciones 29, 30 de sensor unidas a los varios pernos de barra de levantamiento en varias filas en la superficie 3 de la carcasa del tambor de molino de trituración y una unidad 14 de procesamiento y transmisión de datos dispuesta en la superficie 3 de la carcasa del tambor de molino de trituración, estando dicha unidad 14 de procesamiento y transmisión de datos conectada a dichas varias disposiciones 29, 30 de sensor. Dicha unidad 14 de procesamiento y transmisión de datos también puede estar unida al uno o más pernos de barra de levantamiento en la superficie 3 de la carcasa del tambor de molino de trituración. Además la quinta realización de una disposición de determinación comprende una unidad 15 de recepción de datos y un dispositivo 16 de procesamiento de datos, por ejemplo un ordenador 16 personal (PC), estando dicha unidad 15 de recepción de datos y dicho dispositivo 16 de procesamiento de datos dispuestos en el exterior del tambor de molino en cualquier estructura circundante fija en el exterior del tambor de molino. La unidad 14 de procesamiento y transmisión de datos es responsable de gestionar las señales de medida sin procesar obtenidas de las disposiciones 29, 30 de sensor, y transmitir las de forma inalámbrica a la unidad 15 de recepción de datos y además al dispositivo 16 de procesamiento de datos. Con aparatos que tienen varias disposiciones 29, 30 de sensor que consisten en varios transductores de fuerza y varios acelerómetros es posible proporcionar una imagen tridimensional de las condiciones y el estado en el interior del molino de trituración. Además un aparato con varios transductores de fuerza y varios acelerómetros se vuelve más fiable.

En el método y la disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande según la presente invención hay datos de medida de fuerza medidos sobre reacciones provocadas por el material de trituración para al menos un perno de barra de levantamiento del molino de trituración así como datos de medida sobre la posición y el ángulo o rotación del al menos un perno de barra de levantamiento del molino de trituración. Con la ayuda de estos datos de medida de fuerza se calcula entonces el grado de plenitud de un molino de trituración grande. En este cálculo se puede calcular en primer lugar el ángulo de pie Φ_k y/o el ángulo de hombro Φ_s .

En el método y la disposición según la presente invención el grado de plenitud de un molino de trituración grande puede calcularse, por ejemplo, como se explica a continuación y también se da a conocer en la patente estadounidense US 7699249 B2. En el análisis de los resultados de la medida se calcula la fase θ de la oscilación de fuerza u potencia provocada por las barras de levantamiento usando datos de muestra $P(n)$ que son equidistantes con respecto al ángulo de rotación y se obtienen, por ejemplo, basándose en el consumo de potencia del molino de un ciclo de rotación, según la siguiente fórmula:

$$\theta = \arg \left[\sum_{n=0}^{N-1} P(n) \exp \left(\frac{-2\pi i n N_n}{N} \right) \right]$$

Donde $i = \sqrt{-1}$ = Unidad imaginaria

$$\arg z = \arctan \frac{\text{Im } z}{\text{Re } z} = \text{el ángulo polar,}$$

es decir, argumento de un número complejo z ,

N = número de muestras en datos de muestra $P(n)$,

N_n = número de barras de levantamiento en el molino,

n = número de muestra, y

θ = la fase de la oscilación provocada por las barras de levantamiento.

El ángulo de pie se calcula a partir de la fase θ de la oscilación de potencia provocada por las barras de levantamiento de la siguiente manera, según la siguiente fórmula:

$$\Phi_k = \frac{2\pi(k_n + 1) - \theta}{N_n} + \Phi_n$$

donde k_n = número de barras de levantamiento, que quedan entre la barra de levantamiento situada más cerca del eje x y la barra de levantamiento situada más cerca de la posición de pie,

Φ_k = ángulo de pie, y

- 5 Φ_n = ángulo desde el x hasta la barra de levantamiento situada más cerca del eje x , de modo que tiene un valor positivo en el sentido de rotación del molino.

El grado de plenitud se calcula a partir del ángulo de pie y la velocidad de rotación del molino por medio de varios modelos matemáticos, tales como el modelo definido en el Julius Kruttschitt Mineral Research Center (JKMRC). Dicho modelo se describe con más detalle por ejemplo en el libro Napier-Munn, T., Morrell, S., Morrison, R., Kojovic, T.: Mineral Comminution Circuits, Their Operation and Optimisation (Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre, University of Queensland, Indooroopilly, Australia, 1999). La fórmula de cálculo del modelo de JKMRC para el grado de plenitud en un molino se proporciona en la siguiente fórmula:

10

$$\begin{cases} n_{c,i+1} = 0,35(3,364 - V_i) \\ V_{i+1} = 1,2796 - \frac{\Phi_{\text{toe}} - \frac{\pi}{2}}{2,5307(1 - e^{-19,42(n_{c,i+1} - n_p)})} \end{cases},$$

- 15 donde el grado de plenitud se define repitiendo el grado de plenitud del molino con respecto al volumen interior del molino. En la fórmula anterior, n_c es una parte calculada experimentalmente de la velocidad crítica del molino, en cuyo caso se completa la centrifugación, n_p es la velocidad de rotación del molino con respecto a la velocidad crítica, V_i es el grado de plenitud previo del molino, y V_{i+1} es el grado de plenitud que va a definirse, con respecto al volumen interior del molino.

- 20 La solución para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande según la presente invención proporciona una medida directa de las reacciones provocadas por el material de trituración. Por tanto, el grado de plenitud del tambor de molino de trituración puede determinarse independientemente de las posibles paradas e interrupciones. Con la ayuda de la disposición según la presente invención que consiste en varios transductores de fuerza y varios acelerómetros es posible proporcionar una imagen tridimensional de las condiciones en el interior del molino de trituración.

- 25 Debido a que la medición según la presente invención es una medición directa de los fenómenos y medición relacionada de las reacciones provocadas por el material de trituración, no hay necesidad de calibración. Debido a que la posición y el ángulo de los sensores se conocen continuamente en línea no se necesita un activador externo para determinar la rotación. Esto es de particular importancia para el análisis y el cálculo, debido a que esto simplifica sustancialmente los cálculos y hace que el resultado sea más fiable. Debido a que la solución de medición con disposiciones de sensor es bastante sencilla y directa, la instalación y el mantenimiento también son fáciles.

- 30 Con la ayuda de la solución según la presente invención los fabricantes de tambores de molino de trituración grandes podrán proporcionar un molino de trituración con una disposición de medición que produzca datos de medida más fiables para determinar el grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande, teniendo dicha disposición de medición una mejor sensibilidad de medición. La solución según la presente invención puede usarse en cualquier clase de molino de trituración grande que tenga barras de levantamiento en el interior del tambor de molino de trituración.

- 35 Resultará evidente para un experto en la técnica que, según 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.

40

REIVINDICACIONES

1. Método para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande, caracterizado por que el método que comprende las etapas de:
 - 5 - medir datos de medida de fuerza a partir de reacciones provocadas por el material de trituración, estando dichas reacciones sometidas a al menos una barra (5) de levantamiento y a al menos un perno (7) de barra de levantamiento del molino de trituración, usando al menos un transductor (9), (25) de fuerza unido a dicho al menos un perno (7) de barra de levantamiento; y
 - calcular el grado de plenitud del molino de trituración a partir de dichos datos de medida de fuerza.
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que en la etapa de medición también de datos de medida de posición/ángulo sobre la posición y/o el ángulo o rotación del al menos un perno de barra de levantamiento del molino de trituración, usando al menos un acelerómetro (12), (26) y/o inclinómetro (27) unido o dispuesto junto a dicho al menos un perno (7) de barra de levantamiento; y por que en la etapa de cálculo también se utilizan dichos datos de medida de posición/ángulo.
3. Método según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, caracterizado por que en la etapa de cálculo se calcula en primer lugar un ángulo de pie Φ_k y/o un ángulo de hombro Φ_s del tambor de molino de trituración.
4. Disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande, caracterizada por una disposición (13), (18), (28), (29), (30) de sensor unida a al menos un perno (7) de barra de levantamiento de al menos una barra (5) de levantamiento del molino de trituración, teniendo dicha disposición (13), (18), (28), (29), (30) de sensor al menos un transductor (9), (25) de fuerza unido a dicho al menos un perno (7) de barra de levantamiento.
5. Disposición según la reivindicación 4, caracterizada por que dicha disposición (13), (18), (28), (29), (30) de sensor tiene al menos un acelerómetro (12), (26) y/o inclinómetro (27) unido a dicho al menos un perno (7) de barra de levantamiento.
6. Disposición según la reivindicación 4, caracterizada por que dicha disposición (13), (18), (28), (29), (30) de sensor tiene al menos un acelerómetro (12), (26) y/o inclinómetro (27) dispuesto junto a dicho al menos un perno (7) de barra de levantamiento.
7. Disposición según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, caracterizada por que dicha disposición comprende además:
 - 30 - una unidad (14), (17) de procesamiento y transmisión de datos dispuesta en la superficie (3) de la carcasa del tambor de molino de trituración, estando dicha unidad (14), (17) de procesamiento y transmisión de datos conectada a dicha disposición (13), (18), (28), (29), (30) de sensor;
 - una unidad (15) de recepción de datos dispuesta en el exterior del tambor de molino en cualquier estructura circundante fija en el exterior del tambor de molino; y
 - un dispositivo (16) de procesamiento de datos.
8. Disposición según la reivindicación 7, caracterizada por que dicha unidad (14), (17) de procesamiento y transmisión de datos comprende un módulo (19) de adquisición de señales para recibir las señales de medida de la disposición (13), (18), (28), (29), (30) de sensor y un transmisor (20) para transmitir los datos de medida de forma inalámbrica a dicha unidad (15) de recepción de datos.
9. Disposición según la reivindicación 7 o la reivindicación 8, caracterizada por que dicha unidad (14), (17) de procesamiento y transmisión de datos comprende un relé (21) para encender la unidad (14), (17) de procesamiento y transmisión de datos de forma inalámbrica.
10. Disposición según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizada por que dicha unidad (14), (17) de procesamiento y transmisión de datos comprende además una fuente (22) de alimentación y/o un regulador (23) y/o un amplificador (24).
11. Disposición según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 10, caracterizada por que dicha disposición (13) de sensor está unida a un perno de barra de levantamiento en la superficie (3) de la carcasa del tambor de molino de trituración.
12. Disposición según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 10, caracterizada por que dichas varias disposiciones (28) de sensor están unidas a varios pernos de barra de levantamiento en una fila en la superficie (3) de la carcasa del tambor de molino de trituración.
13. Disposición según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 10, caracterizada por que dichas varias

disposiciones (29), (30) de sensor están unidas a varios pernos de barra de levantamiento en varias filas en la superficie (3) de la carcasa del tambor de molino de trituración.

14. Tambor de molino de trituración grande, caracterizado por que dicho tambor de molino de trituración grande comprende una disposición para determinar un grado de plenitud de un tambor de molino de trituración grande según la reivindicación 4.
- 5

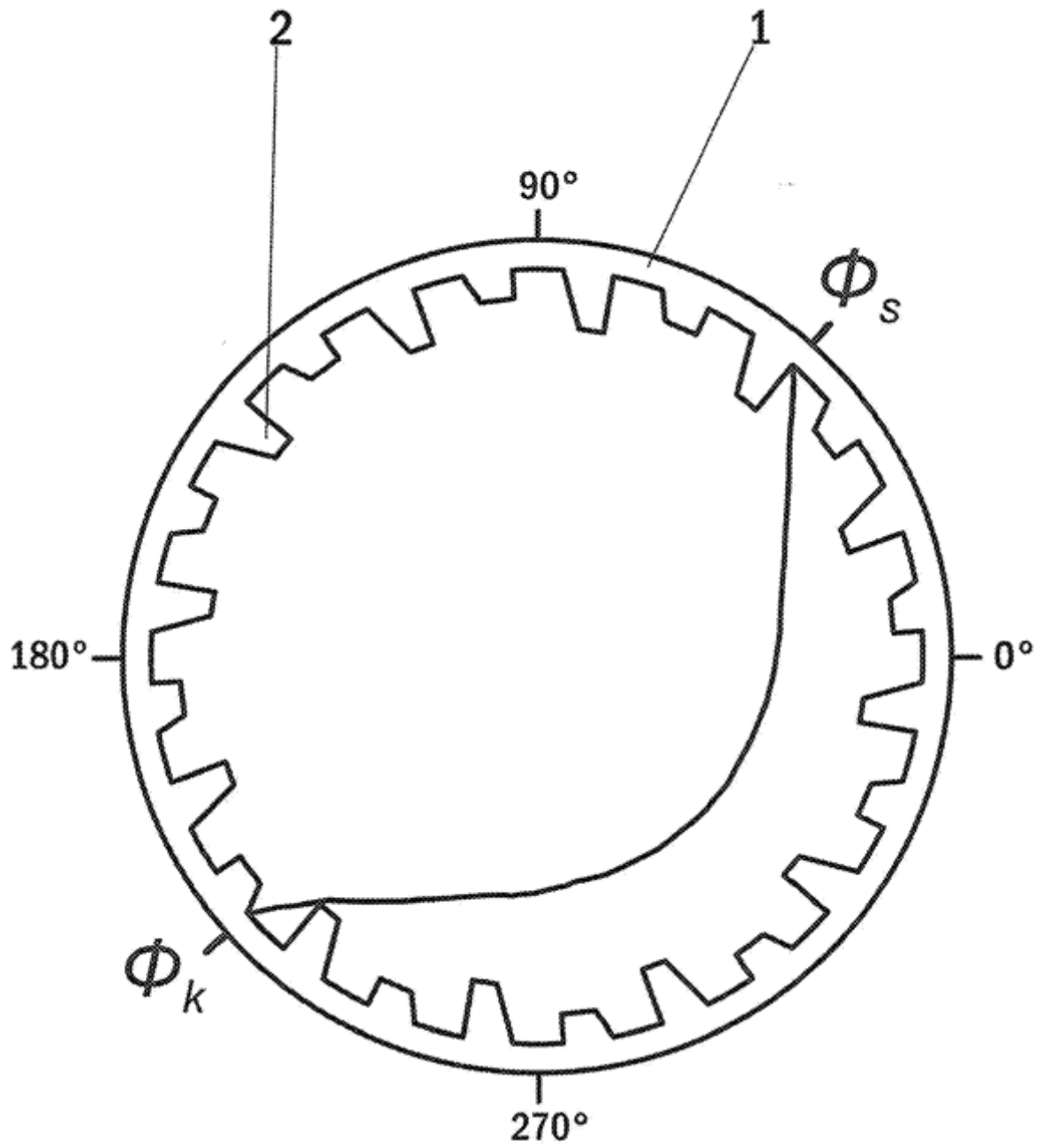


Fig. 1

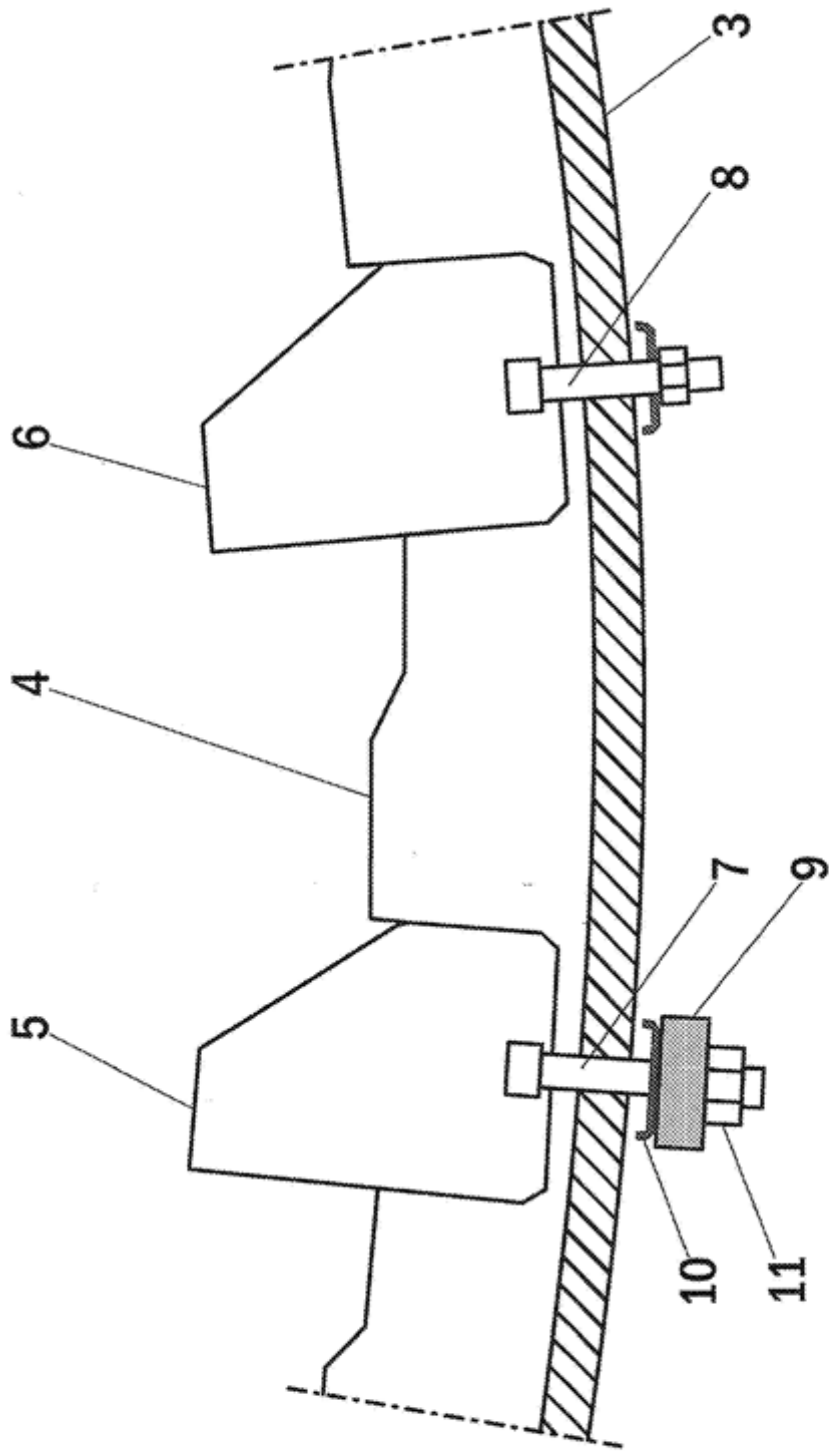


Fig. 2

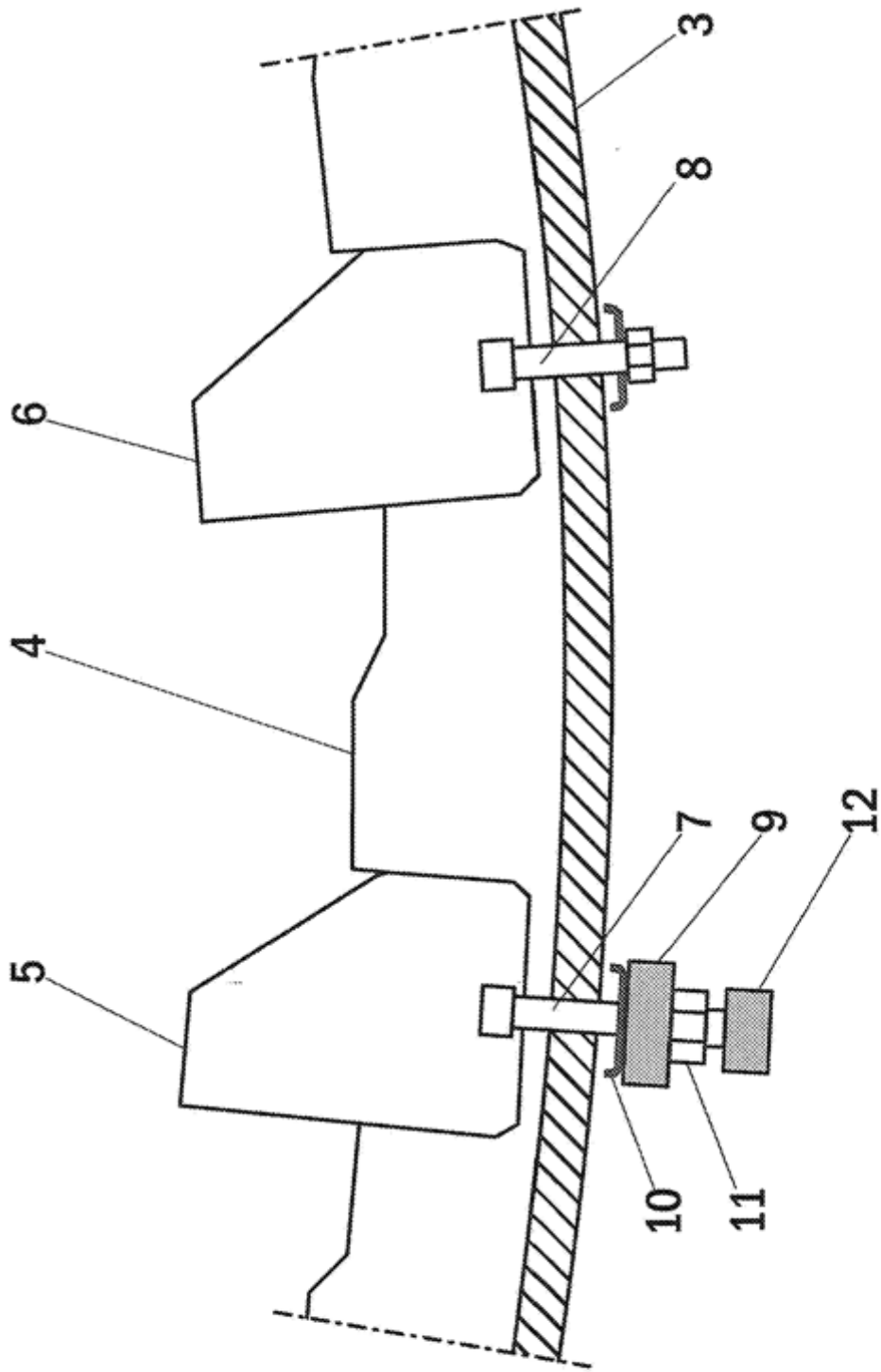


Fig. 3

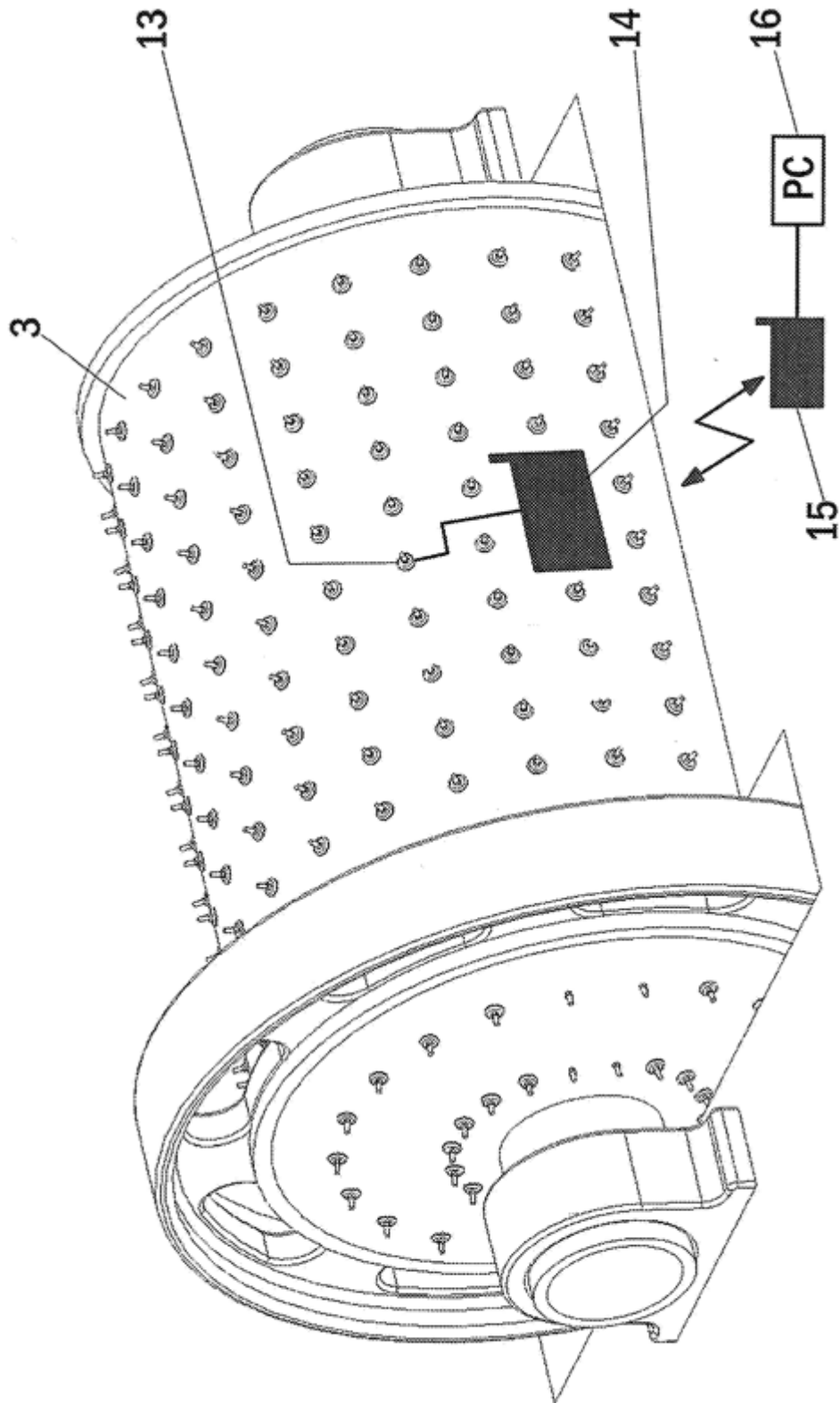


Fig. 4

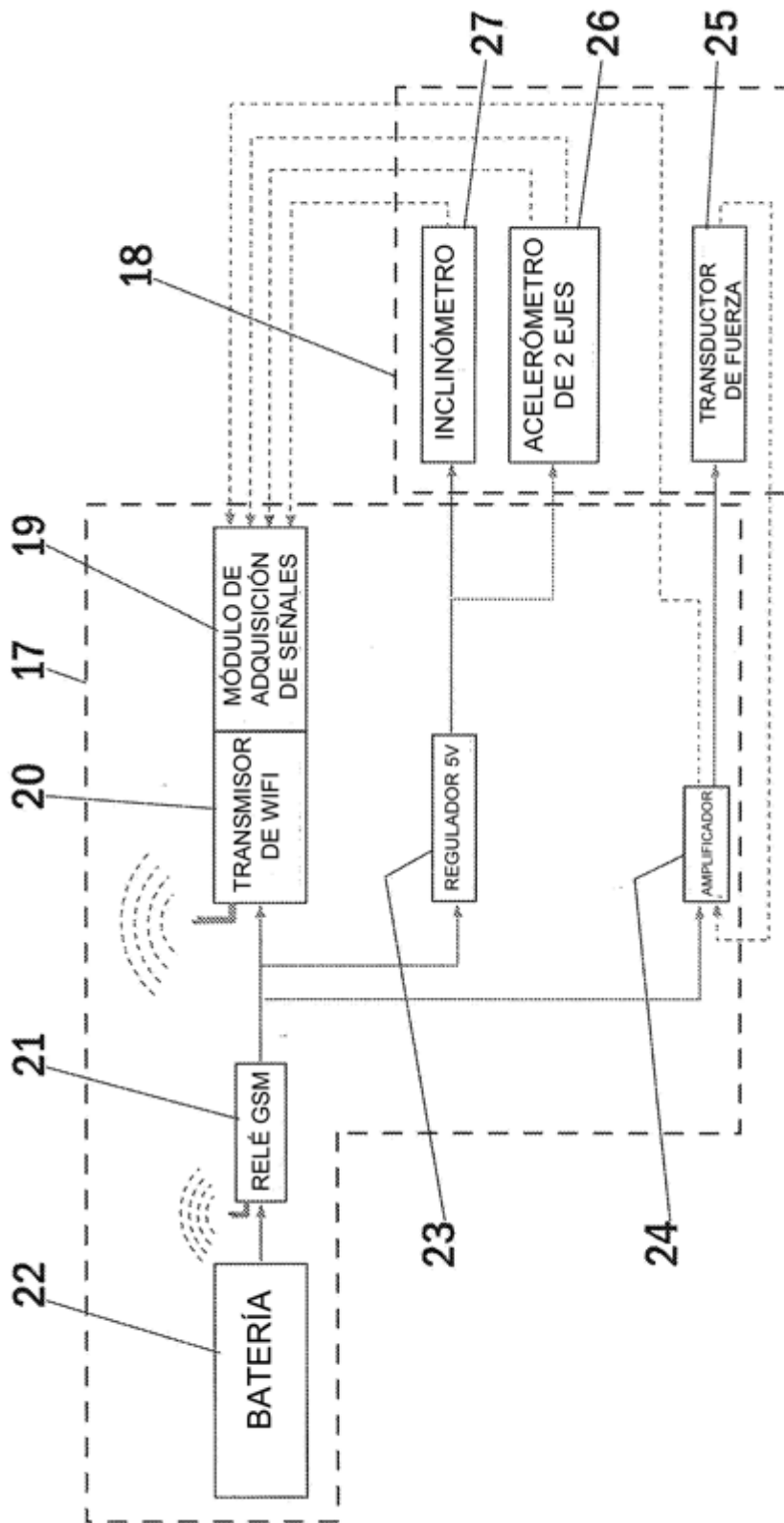


Fig. 5

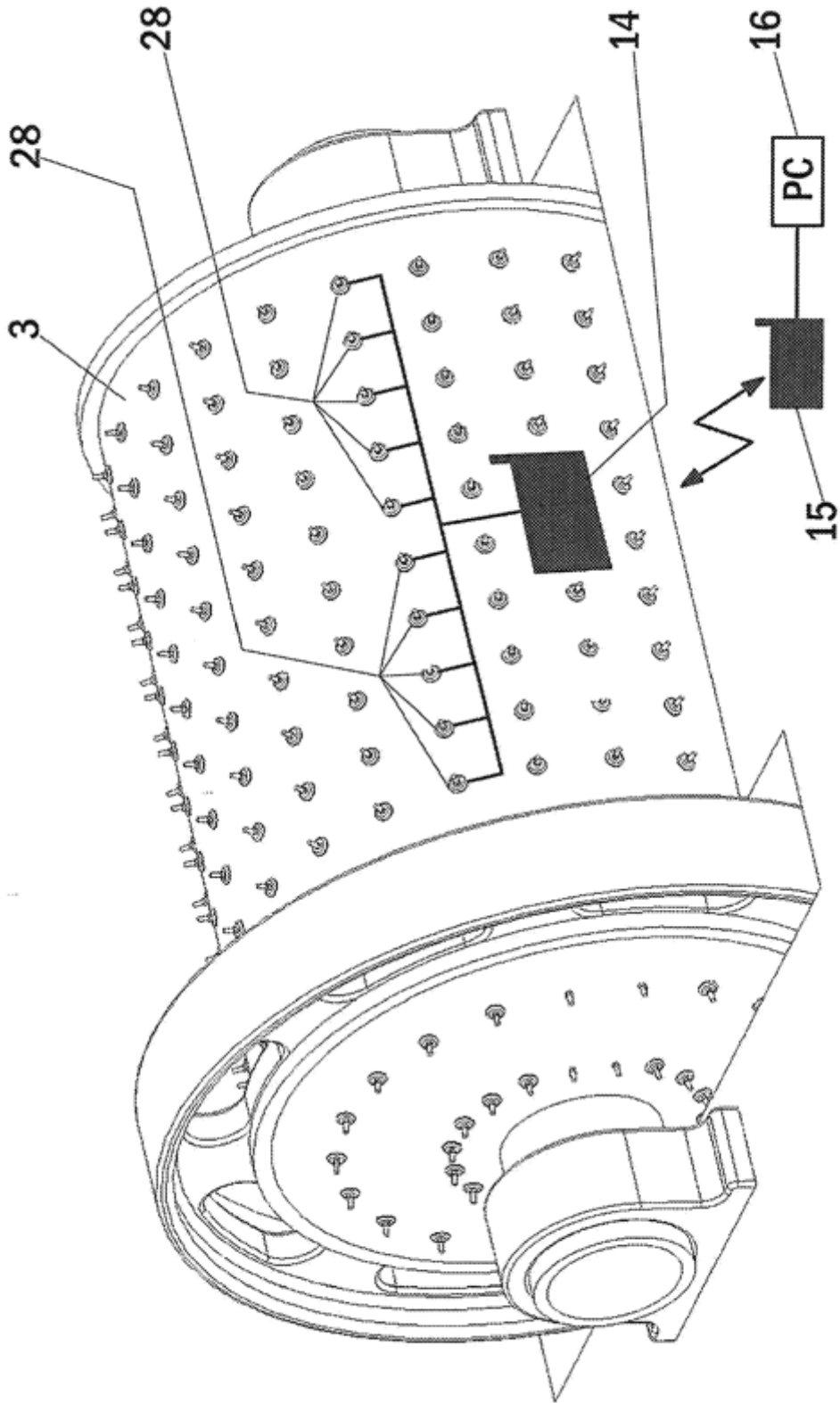


Fig. 6

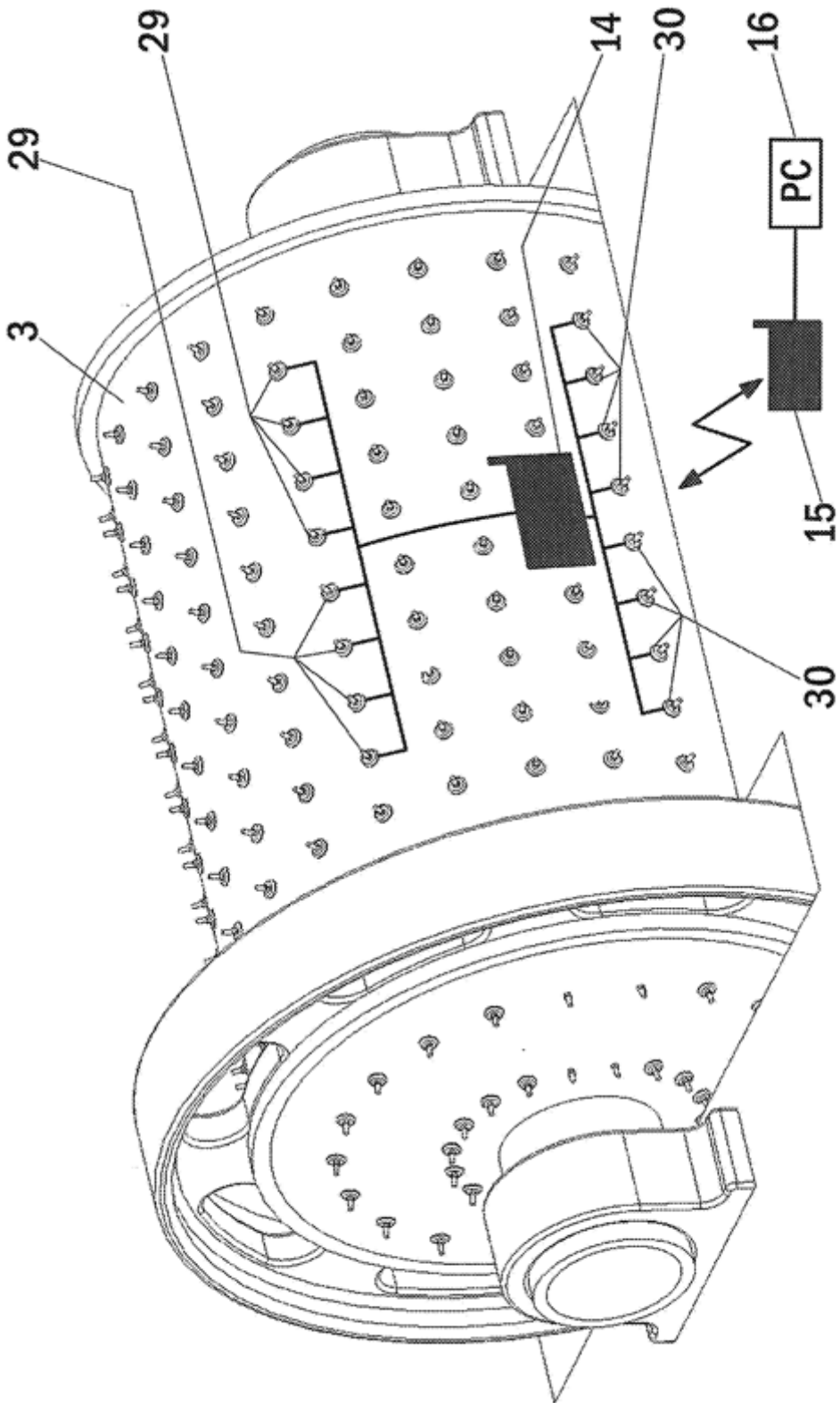


Fig. 7