



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 297 054**

51 Int. Cl.:
B02C 17/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **02803364 .5**

86 Fecha de presentación : **11.11.2002**

87 Número de publicación de la solicitud: **1448304**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **25.08.2004**

54 Título: **Procedimiento de evaluación del porcentaje de llenado de un molino rotativo tubular y dispositivo para su realización.**

30 Prioridad: **22.11.2001 BE 2001/0758**

73 Titular/es: **MAGOTTEAUX INTERNATIONAL S.A.**
rue A. Dumont
4051 Vaux-sous-Chèvremont, BE

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2008

72 Inventor/es: **De Haas, Bernard**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2008

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 297 054 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de evaluación del porcentaje de llenado de un molino rotativo tubular y dispositivo para su realización.

La presente invención se refiere a un procedimiento de evaluación del porcentaje de llenado de un molino rotativo tubular que comprende una virola cilíndrica que gira alrededor de su eje longitudinal y cuyo contenido está constituido por una carga de dispositivos molidores de aleación metálica y material a moler que forma la pulpa en el interior del molino a medida que es molido, y ocupa, durante la rotación de éste y visto en el sentido de la rotación, esencialmente el cuarto cuadrante trigonométrico de la sección del molino mientras que el pie del contenido se prolonga en el tercer cuadrante trigonométrico mientras que la cabeza es remontada en el primer cuadrante trigonométrico. La invención se refiere asimismo a un dispositivo ventajoso para la realización de este procedimiento.

La invención prevé esencialmente los molinos del tipo molinos de bolas o de barras, utilizados en particular para el molido del clinker, del carbón o de los minerales.

El conocimiento del porcentaje de llenado de un molino es particularmente importante para el comportamiento óptimo de los molinos mineros que trabajan en vía húmeda puesto que el desgaste de los dispositivos molidores es muy importante y la aportación de dispositivos molidores debe ser realizada de forma casi continua. Esto necesita conocer en cualquier instante la cantidad de dispositivos aún presente en el molino y, en consecuencia, la posibilidad de medir separadamente la cantidad de dispositivos molidores y la cantidad de pulpa contenida en el molino.

Se ha constatado que las condiciones de molido óptimas son realizadas cuando el volumen de la pulpa corresponde aproximadamente al volumen de los vacíos que existen entre los dispositivos molidores o es ligeramente superior a este volumen, sin sobrepasarlo en cambio 20%. Cuando el volumen de la pulpa es demasiado bajo, el rendimiento del molido disminuye y, sobre todo, los dispositivos molidores que están en contacto entre sí se desgastan mutuamente. Cuando el volumen de la pulpa es demasiado grande el rendimiento del molido disminuye también. El conocimiento de la cantidad de pulpa en el molino permite, por consiguiente, regular la alimentación del molino de la manera mas adecuada que conviene para un funcionamiento optimo del molino.

Entre las numerosas técnicas conocidas actualmente para determinar el porcentaje de llenado de un molino en funcionamiento, ninguna ha dado completa satisfacción puesto que, en general, son, o bien demasiado imprecisas o bien incompletas.

Un primer medio consiste en medir la evolución de la potencia absorbida por el molino. Esta potencia absorbida por el molino aumenta con el porcentaje de llenado hasta alcanzar un máximo más allá del cual empieza a disminuir, en particular a causa de la menor influencia del desequilibrio. La curva de potencia presenta un máximo muy plano, lo que disminuye en gran manera la sensibilidad de la medición en cuanto se aproxima a este máximo. Un procedimiento de este tipo se describe en: "Canadian Mineral Processors" Proceedings 1998, paper n° 24 Ottawa, Ontario.

Un segundo procedimiento consiste en medir las fuerzas ejercidas sobre el blindaje. Se dispone una placa de blindaje instrumentada en el blindaje y cuando ésta penetra en la carga, la fuerza ejercida sobre la placa aumenta súbitamente y disminuye cuando ésta sale de la carga. Esta medición sólo es aplicable en un molino equipado con un blindaje de caucho y es muy sensible al desgaste de la placa instrumentada. Un procedimiento de este tipo se describe en la patente WO93/00996.

Otro procedimiento consiste en medir la deformación de la virola del molino visto que ésta sufre unas deformaciones radiales y transversales que son tanto más importantes cuanto más lleno está el molino. La sensibilidad de esta medición se reduce en el caso de una relación L/D (longitud del molino sobre el diámetro) pequeña y por cualquier elemento rigidizante tal como un tabique intermedio o un gran espesor de la virola o del blindaje. El principio de esta medición se describe en el artículo "Measurement System of the Mill charge in Grinding Ball Mill circuits" por J. Kolacz-Mineral Engineering, Vol 10, n° 12, 1997 págs. 1329 - 1338.

Se ha previsto también la instalación de pesadores para poder efectuar una medición directa del peso del molino. Sin embargo, esta instalación es poco fácil en unos molinos existentes.

Otro procedimiento consiste en medir el ruido generado por los choques entre los cuerpos molidores y el blindaje del molino. Este ruido aumenta con el porcentaje de llenado en dispositivos molidores pero, como el material a moler amortigua los choques, el ruido disminuye cuando el llenado de material aumenta, de lo que resulta una imprecisión de la medición. Para efectuar estas mediciones, se han utilizado unos micrófonos que son dispuestos cerca de la virola del molino para captar los ruidos. Este procedimiento está sin embargo influenciado por los ruidos exteriores (molinos adyacentes en la nave de molido) así como otros factores tales como la naturaleza del material molido, la forma de los cuerpos molidores y el desgaste del blindaje. Un procedimiento de este tipo se describe en el artículo "New acoustic method for measuring the filling ratio of mill feed in tube mills" de F. Godler y J. Hagenbach, Zement - Kalk - Gyps n° 4/1994, p. E 114 - E 119.

La patente alemana DE 19933995 A1 intenta evitar la interferencia de los diferentes ruidos reemplazando los micrófonos por unos sensores de ultrasonidos fijados a la virola. Estos sensores miden las oscilaciones de la virola en la que están fijados y no los ruidos transmitidos a través del aire, lo que resuelve el problema de los ruidos parásitos.

ES 2 297 054 T3

El documento US-A-5 698 797 da a conocer un dispositivo para controlar un molino de bolas que comprende un cilindro que contiene una masa de bolas que, cuando el molino está en rotación a velocidad nominal, toman una posición entre dos generatrices separadas por un ángulo comprendido entre un ángulo mínimo y un ángulo máximo, y una masa de carbón que, cuando el molino está en rotación a velocidad nominal, toma una posición entre dos generatrices, comprendiendo dicho dispositivo además un emisor de onda electromagnética dispuesto en el interior del molino y por lo menos un receptor de onda dispuesto en el exterior del molino, estando dicho por lo menos un receptor de onda conectado operativamente a un circuito electrónico para determinar por lo menos un parámetro del molino seleccionado de entre el grupo constituido por una cantidad de bolas, una cantidad de carbón y el desgaste del cilindro.

Todos los procedimientos descritos anteriormente adolecen, además, de la desventaja de que no permiten evaluar separadamente el porcentaje de llenado de dispositivos moledores y el porcentaje de llenado de pulpa o materiales a moler.

La medición por absorción de ondas permite distinguir bien el material a moler de las bolas pero no es aplicable a cualquier tipo de material y presenta un peligro para la salud a causa de los rayos X o gamma.

El objetivo de la presente invención es prever un nuevo procedimiento y dispositivo que permite una evaluación fiable del porcentaje de llenado, que puede ser fácilmente realizado sobre un molino existente y que puede proporcionar separadamente unas informaciones en lo que concierne a la carga moledora y a la pulpa.

Para alcanzar este objetivo, la presente invención propone un procedimiento del tipo descrito en el preámbulo que está caracterizado porque se establece, por modelización, un algoritmo que define una relación entre el grado de llenado de un molino, por una parte, y las posiciones angulares del pie y la cabeza del contenido del molino, así como de su potencia absorbida, por otra parte, porque se miden en el molino del cual se quiere determinar el porcentaje de llenado, las posiciones angulares del pie y de la cabeza del contenido, así como su potencia absorbida y porque se determina, con la ayuda de estas mediciones y del algoritmo, el porcentaje de llenado del molino.

Estas mediciones pueden ser efectuadas separadamente para determinar el porcentaje de llenado de dispositivos moledores y de la pulpa.

Las posiciones angulares del pie y de la cabeza de la carga moledora son determinadas por vía inductiva, mientras que las posiciones angulares del pie y de la cabeza de la pulpa son determinadas por vía conductiva.

El dispositivo para la realización de este procedimiento para la evaluación del porcentaje de llenado del molino cuya virola comprende un blindaje interior está caracterizado porque el blindaje comprende por lo menos una placa de resina o elastómero en la cual está integrado un sistema de detección destinado a detectar la posición angular en la cual el sistema penetra en el contenido del molino y la posición angular en la cual el sistema deja el contenido del molino, porque la virola comprende un sensor destinado a generar una señal de sincronización a cada vuelta del molino, y porque las señales proporcionadas por el sistema de detección y el sensor son tratadas en un dispositivo de tratamiento embarcado y enviadas por radio a un centro de cálculo.

El dispositivo de detección comprende, preferentemente, un sensor inductivo para determinar las posiciones angulares del pie y de la cabeza de la carga moledora y un sensor conductivo para determinar las posiciones angulares del pie y de la cabeza de la pulpa.

Todos los sensores están, preferentemente, doblados y hundidos a unas profundidades diferentes en las placas que los soportan a fin de entrar en servicio sucesivamente a medida que tiene lugar el desgaste de las placas.

Otras particularidades y características de la invención se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la descripción detallada de un modo de realización preferido, presentado a continuación, a título de ilustración, con referencia a los planos anexos, en los cuales:

- la figura 1 ilustra esquemáticamente una sección diametral a través de un molino;

- la fig. 2 es una vista esquemática de una sección longitudinal a través de un molino provisto del equipo propuesto por la presente invención;

- la fig. 3 ilustra esquemáticamente una sección diametral a través del molino de la figura 2;

- las figs. 4 y 5 muestran una vista ampliada en sección de las placas que soportan los sensores;

- la fig. 6 es una vista análoga a la de la fig. 1 que ilustra los detalles de las posiciones angulares; y

- la fig. 7 muestra un gráfico que representa la correlación entre el cálculo realizado según la presente invención y la pesada real de los dispositivos moledores.

ES 2 297 054 T3

La fig. 1 muestra un molino cuya carga moledora 1 está constituida por bolas y que contiene una cierta cantidad de material a moler 2 que forma la pulpa. El llenado con bolas de molido corresponde generalmente, según las condiciones de funcionamiento, a 20 a 40% del volumen total del molino. El volumen de la pulpa corresponde para un funcionamiento óptimo del molino, como ha sido precisado en la introducción, aproximadamente al volumen de los vacíos entre las bolas o es ligeramente superior sin sobrepasarlo 20%.

Durante la rotación del molino en el sentido de la flecha en la figura 1, el contenido del molino posee, en sección, la forma general de una "habichuela" y se concentra esencialmente en el cuarto cuadrante trigonométrico. Los pies 3 y 5 de la pulpa, respectivamente de las bolas, se extienden sin embargo en el tercer cuadrante trigonométrico, mientras que las cabezas 4 y 6 de la pulpa, respectivamente de las bolas, son detectados en el primer cuadrante trigonométrico.

En razón de las diferentes constituciones de la carga 1 y de la pulpa 2, sus pies respectivos 5 y 3 y sus cabezas respectivas 6 y 4 ocupan unas posiciones angulares diferentes. Así, la carga moledora 1 es elevada aún más que la pulpa 2. La presente invención, como se verá mas adelante, aprovecha estas diferencias para determinar separadamente el volumen de la carga y el de la pulpa.

A este fin, la invención prevé unos sensores que disparan una señal eléctrica en el momento que penetran en la pulpa 2, respectivamente la carga 1, y otra señal en el momento en que salen de la misma.

Para la pulpa, la invención ha previsto unos sensores conductivos 7 y 8 por los cuales se procede a la medición de una corriente creada por una pila química constituida por dos masas de acero de composiciones diferentes que forman unos electrodos que, conectados entre sí por un medio conductor constituido por la pulpa, son la fuente de una corriente eléctrica.

Estas masas de acero están integradas en una placa de resina o elastómero 9 que, para facilidad de acceso, puede estar dispuesta sobre la puerta del molino.

En un modo de realización ventajoso, se han previsto un par de sensores 7, 8 mostrados respectivamente en las figuras 4 y 5. Como se puede constatar, estos sensores están hundidos a unas profundidades diferentes en la placa de elastómero 9. Así, cuando el sensor 7, 8 en superficie de la figura 4 es degradado por el desgaste, el sensor 7, 8 de la figura 5 hundido en la placa 9 puede tomar el relevo.

Cuando tiene lugar la rotación del molino, en el momento que los electrodos 7 y 8 del sensor penetran en la pulpa, ésta permite el paso de una corriente entre estos electrodos disparando así una señal cuya aparición permite determinar la posición angular del pie 3 de la pulpa. Asimismo, cuando los electrodos 7, 8 salen de la pulpa, la corriente es interrumpida y el momento de esta interrupción proporciona una información sobre la posición angular de la cabeza de la pulpa 4.

Para efectuar esta medición se utilizará un sensor inductivo 10, en sí conocido, que estará también dispuesto en la placa 9 de la puerta y hundido en la masa de la resina. Como muestran las figuras 2, 4 y 5 se utilizarán también dos sensores 10 hundidos a unas profundidades diferentes para poder proseguir las mediciones cuando el sensor en superficie es degradado por el desgaste.

El funcionamiento es análogo al que ha sido descrito anteriormente. Cuando el molino gira, en el momento en que los sensores inductivos 10 entran en la carga de dispositivos moledores 1, detectan una modificación del campo eléctrico lo que genera una señal cuyo momento de aparición permite posicionar el pie 5 de la carga. Cuando los sensores inductivos 10 dejan la carga, detectan una nueva variación de campo eléctrico, lo que permite posicionar la cabeza de la carga 6.

Para poder determinar estas posiciones angulares, es necesario tener un punto de referencia. Es la razón por la cual una señal de sincronización es generada a cada vuelta del molino por un dispositivo de células, por ejemplo fotoeléctricas, previstas respectivamente sobre la virola y sobre un chasis fijo y que permiten proporcionar una referencia para la determinación de las posiciones angulares. Si esta señal constituye el punto de partida, conociendo la velocidad de rotación del tambor, los momentos de aparición y desaparición de las señales de medición proporcionan una indicación de las posiciones angulares de los pies 3 y 5 y de las cabezas 4 y 6 con respecto a un punto de referencia que puede ser el de la posición del dispositivo de sincronización.

Las señales proporcionadas por los sensores son registradas, filtradas y tratadas por un sistema embarcado 12 fijado a la virola, que las envía por radio a un centro de cálculo no representado. Todos estos dispositivos embarcados pueden ser alimentados por un generador eléctrico 13 fijado sobre la virola o por transmisión de energía por vía inductiva.

La figura 6 ilustra esquemáticamente las medidas proporcionadas por los sensores 7, 8 y 10. Se trata de los ángulos α_1 y α_2 del pie 3, respectivamente de la cabeza 4 de la pulpa, así como de los ángulos β_1 y β_2 del pie 5, respectivamente de la cabeza 6 de la carga moledora. Estos ángulos son medidos con respecto a un eje de referencia determinado, en el ejemplo, por el dispositivo de sincronización.

A fin de poder evaluar el porcentaje de llenado de carga moledora y de pulpa, se establecen unos modelos matemáticos de la formula siguiente:

ES 2 297 054 T3

$$J_1 = a_1 \alpha_1 + b_1 \alpha_2 + c_1.kW + d_1$$

$$J_2 = a_2 \beta_1 + b_2 \beta_2 + c_2.kW + d_2$$

en las que:

- J_1 representa el volumen de la pulpa/volumen del molino;
- J_2 representa el volumen de la carga/volumen del molino;
- a, b, c, d son unos coeficientes paramétricos;
- kW es la potencia absorbida medida por unos medios conocidos.

Estos modelos, en particular los coeficientes paramétricos, pueden ser determinados de forma empírica introduciendo en un modelo de molino, diferentes cantidades conocidas de carga moledora y de pulpa y midiendo, cada vez, los ángulos α_1 , α_2 , β_1 y β_2 así como la potencia absorbida.

Unos ensayos en estación piloto han revelado que el procedimiento de evaluación propuesto por la invención permite trabajar con una gran precisión. La figura 7 resume los resultados de dichos ensayos para la evaluación del porcentaje de llenado de dispositivos moledores para el molido de minerales.

La carga para estos ensayos estaba compuesta por bolas de 40 mm y 25 mm de diámetro. El porcentaje relativo minerales - agua ha sido mantenido constante y la velocidad del molino era de 34 revoluciones por minuto. El llenado del molino con bolas ha sido aumentado progresivamente de 700 kg a 900 kg mediante aportaciones comprendidas entre 8 y 20 kg. El llenado con pulpa no ha sido controlado pero era el resultado de la evolución del proceso y ha variado entre 289 y 443 kg.

La línea recta en la figura 7 representa las cantidades reales de bolas en el molino. Los puntos representan las evaluaciones de la cantidad de bolas obtenidas gracias al modelo matemático citado y sobre la base de la medición de los ángulos α_1 y α_2 así como de la potencia absorbida. Estos ensayos han demostrado que la invención permite una evaluación del porcentaje de llenado con bolas con una precisión del orden de 98%.

La medición de las posiciones angulares α_1 y α_2 referentes a la pulpa proporciona, a título complementario, unas informaciones sobre la fluidez de la pulpa, es decir su contenido de agua. En efecto, la elevación de la pulpa, por tanto el ángulo α_2 , es tanto más pequeña cuanto mayor es la fluidez. Estos conocimientos contribuyen asimismo a una optimización del funcionamiento del molino.

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento de evaluación del porcentaje de llenado de un molino rotativo tubular que comprende una virola cilíndrica que gira alrededor de su eje longitudinal, cuyo contenido está constituido por una carga de dispositivos moledores (1) con aleación metálica y material a moler (2) que forma la pulpa en el interior del molino a medida que es molida, en el cual el contenido del molino ocupa, durante la rotación de éste, y visto en el sentido de la rotación, esencialmente el cuarto cuadrante trigonométrico de la sección del molino, mientras que el pie del contenido (3) se prolonga en el tercer cuadrante trigonométrico, mientras que la cabeza (6) es remontada en el primer cuadrante trigonométrico, **caracterizado** porque se establece, por modelización, un algoritmo que define una relación entre el grado de llenado de un molino, por una parte, y las posiciones angulares del pie (3) y de la cabeza (6) del contenido del molino así como de su potencia absorbida, por otra parte, porque se miden en el molino del cual se quiere determinar el porcentaje de llenado las posiciones angulares del pie (3) y de la cabeza (6) del contenido así como de su potencia absorbida, y porque se determina con la ayuda de estas mediciones y del algoritmo, el porcentaje de llenado del molino.

15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque se determinan separadamente el porcentaje de llenado de dispositivos moledores (1) y el porcentaje de llenado de la pulpa (2).

20 3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque se miden las posiciones angulares del pie (5) y de la cabeza (4) de la carga moledora (1) con la ayuda de un sensor inductivo (10) con respecto a una posición angular de referencia.

25 4. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque se miden las posiciones angulares del pie (3) y de la cabeza (6) de la pulpa con la ayuda de un sensor conductivo (7, 8) con respecto a una posición angular de referencia.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque el algoritmo es del tipo:

$$J = a. \alpha_1 + b. \alpha_2 + c.kW + d,$$

30 en el que:

- J es el porcentaje de llenado;
- 35 • α_1 y α_2 son las posiciones angulares del pie (3) y de la cabeza (6) del contenido;
- kW es la potencia absorbida en kilovatios;
- 40 • a, b, c, d son unos coeficientes paramétricos determinados empíricamente.

45 6. Dispositivo para la realización del procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, para la evaluación del porcentaje de llenado de un molino cuya virola comprende un blindaje interior, **caracterizado** porque el blindaje comprende por lo menos una placa de resina o elastómero (9) en la cual está integrado un sistema de detección que comprende unos sensores (10, 7, 8) que cooperan con un dispositivo de tratamiento de las señales embarcado (12) fijado sobre la virola y destinado a detectar la posición angular en la cual dicho sistema penetra en el contenido del molino (2) y la posición angular en la cual dicho sistema deja el contenido del molino, porque dicho sistema de detección está destinado a generar una señal de sincronización a cada vuelta del molino, y porque las señales proporcionadas por dicho sistema de detección y los sensores (10, 7, 8) son tratadas en dicho dispositivo de tratamiento embarcado (12) y enviadas por radio a un centro de cálculo.

50 7. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado** porque el dispositivo de detección se encuentra en una puerta de acceso del molino.

55 8. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado** porque el dispositivo de detección comprende un sensor inductivo (10) para determinar separadamente las posiciones angulares del pie (5) y de la cabeza (4) de la carga moledora.

60 9. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado** porque dicho dispositivo de detección comprende un sensor conductivo (7, 8) para determinar separadamente las posiciones angulares del pie (3) y de la cabeza (6) de la pulpa.

65 10. Dispositivo según las reivindicaciones 8 y 9, **caracterizado** porque todos los sensores están doblados y hundidos a unas profundidades diferentes de las placas que los soportan.

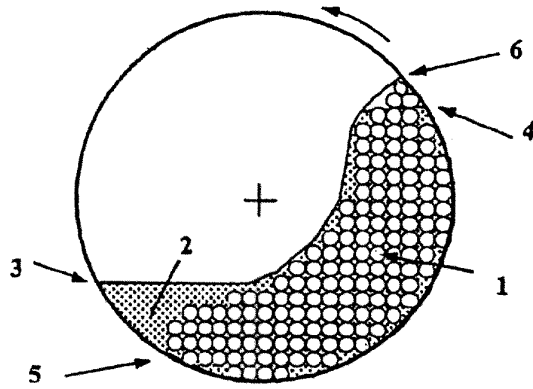


Fig. 1

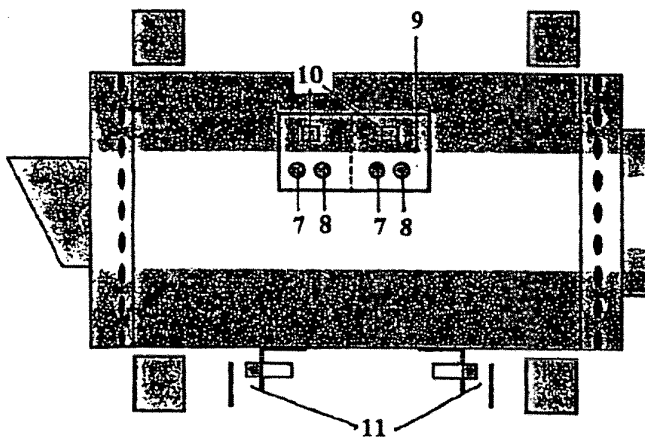


Fig. 2

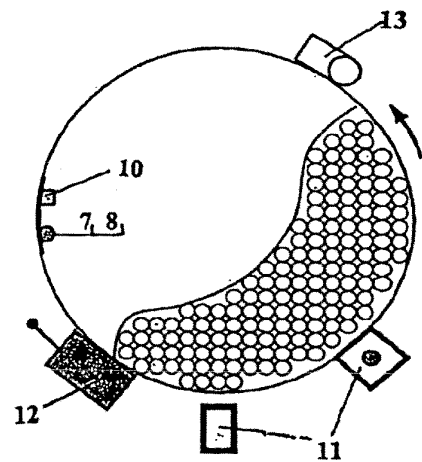


Fig. 3

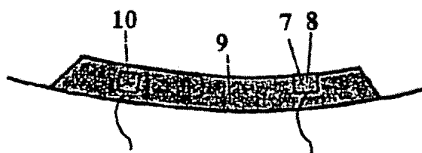


Fig. 4

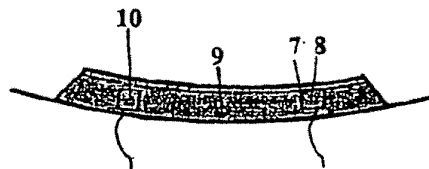


Fig. 5

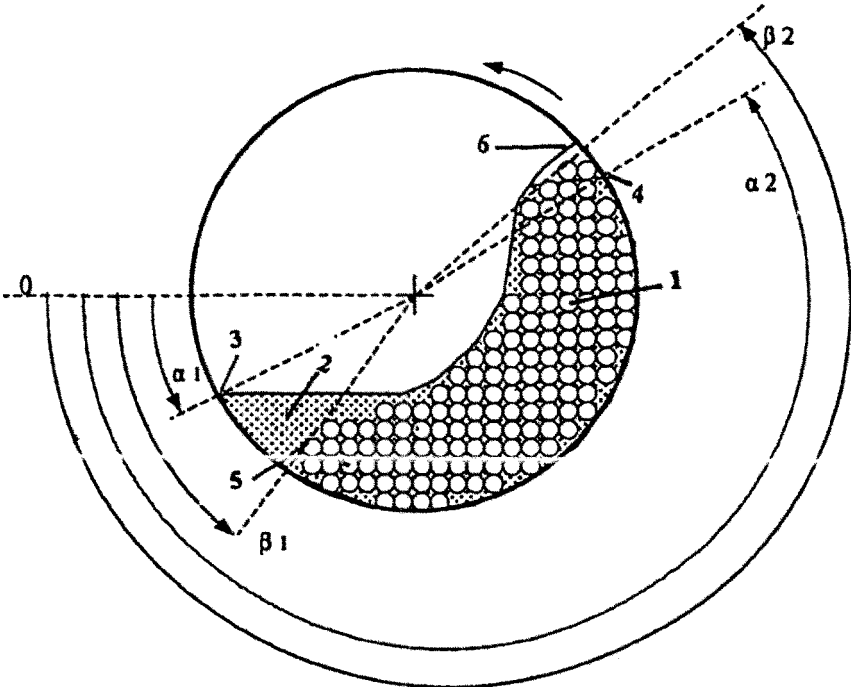


Fig. 6

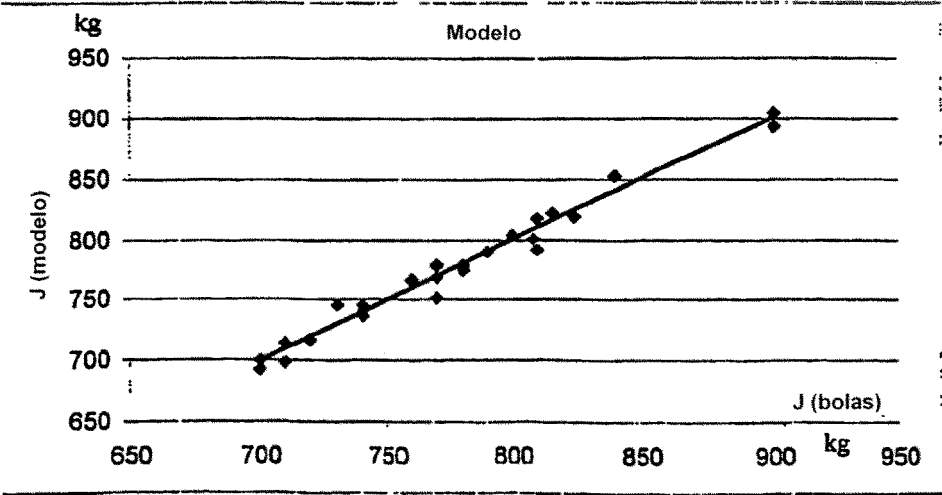


Fig. 7