



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 506**

51 Int. Cl.:  
**B02C 15/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03755250 .2**

96 Fecha de presentación : **28.05.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1554046**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.07.2005**

54 Título: **Procedimiento y aparato mejorados de trituración mineral.**

30 Prioridad: **29.05.2002 DE 102 24 009**  
**30.05.2002 ZA 02/4338**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**27.04.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**27.04.2011**

73 Titular/es: **LOESCHE GmbH**  
**Hansaallee 243**  
**40549 Düsseldorf, DE**

72 Inventor/es: **Viljoen, Richard, Michael;**  
**Smit, Jan, Tjeerd;**  
**Meyer, Udo y**  
**Lozano-Vallejos, Carlos, Felipe**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 357 506 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

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un procedimiento y aparato para triturar material en forma de partículas.

5 La Solicitud de Patente Internacional N° PCT/IB99/00714 titulada Procedimiento de Trituración de Mena describe un procedimiento e instalación para procesar material valioso, heterogéneo, mediante la trituración inter-partícula en un lecho de partículas, en condiciones que se optimizan para la recuperación posterior de los valores deseados, mejorando la liberación del valor y minimizando la producción de ultrafinos. El procedimiento y aparato son particularmente adecuados para su uso en un procedimiento de recuperación de metal base, metal precioso o mineral industrial, y para mejorar la eficacia del procedimiento aumentando el porcentaje de recuperación de valor, mientras que se reduce la complejidad y coste del procesamiento requerido aguas abajo, ya sea en un procedimiento de flotación de espuma, recuperación por gravedad o lixiviado.

10 La trituración inter-partícula en un lecho de partículas convenientemente se realiza usando un rodillo de molienda a alta presión, una trituradora Rhodax u otro dispositivo similar, aunque más ventajosamente en un molino de rodillos vertical.

15 El documento GB-A-428237 describe un molino de rodillos vertical para moler o machacar roca y similares, por ejemplo, disgregando menas con el fin de extraer los constituyentes metálicos valiosos. Dos o más rodillos de molienda, de forma troncocónica, que tienen una superficie periférica cónica recta, ruedan sobre una mesa de molienda horizontal, girando alrededor de un eje vertical del molino, con lo que los rodillos de molienda están dispuestos sin un hueco de molienda entre su superficie periférica y el carril de molienda de la mesa de molienda. Para reducir el desgaste de la mesa de molienda y de los rodillos de molienda, los rodillos de molienda están dispuestos con el extremo del menor diámetro orientado hacia dentro y en contacto con la mesa de molienda. Se evitará el movimiento diferencial de los rodillos de molienda y la mesa de molienda, para obtener una acción de triturado pura.

20 Un objeto de la invención es optimizar un aparato de la clase anterior y un procedimiento que utiliza dicho aparato para su uso en un procedimiento de trituración de mena.

**SUMARIO DE LA INVENCION**

25 De acuerdo con la invención, se proporciona un procedimiento de trituración de material en forma de partículas, por trituración inter-partícula en un lecho de partículas, comprendiendo el procedimiento hacer pasar un lecho de material en forma de partículas entre al menos dos rodillos y un carril de molienda en un molino de rodillos vertical, estando dispuesto cada rodillo para aplicar una fuerza de compresión al lecho de material en forma de partículas, y girar alrededor de un eje que corta con el eje del otro rodillo o rodillos, y un eje vertical de rotación del carril de molienda, con lo que los rodillos de molienda que acoplan el lecho de material en forma de partículas con una acción de apisonado sustancialmente pura, están situados y/o diseñados de manera que los ejes de rotación de los rodillos de molienda y el carril de molienda se cortan en un plano por encima del carril de molienda, y están espaciados del carril de molienda por una distancia igual a la profundidad o altura  $H_m$  del lecho de partículas, con lo que el lecho del material en forma de partículas está ajustado a una altura  $H_m$  en el intervalo de 1 a 150 mm y con lo que el material en forma de partículas se tritura a un producto molido libre de o al menos con una proporción limitada de finos.

30 Un movimiento de apisonado puro y una molienda sin fuerza de cizalla, así como un producto molido libre de o al menos con una proporción limitada de finos, se consigue con un aparato de acuerdo con la reivindicación 2.

40 Una disposición de rodillos para conseguir un movimiento de apisonado puro se conoce a partir de los documentos EP 0 406 644 B1 y DE 42 02 784 A1. Sin embargo, en el caso de que dichos rodillos sean rodillos de precompactación, que en cada caso están situados aguas arriba de los rodillos de molienda, para compactar y homogeneizar el lecho de molienda. Para la preparación del lecho de molienda, los rodillos de precompactación descansan con su propio peso únicamente y, opcionalmente, con ayuda de un sistema de amortiguación de resorte sobre dicho lecho, y no participan en la operación de trituración. Además, el movimiento de apisonado puro de los rodillos de precompactación se obtiene en que los ejes de los rodillos de precompactación en extensión forman una intersección con el eje de rotación vertical de la mesa de molienda en el plano del carril de molienda, pero no en el plano del lecho de molienda. Los rodillos de molienda de los molinos de rodillos de arrastre con aire descritos en los documentos mencionados anteriormente están situados de tal manera que las fuerzas de cizalla se introducen en el lecho de molienda y se produce un producto molido con una alta proporción de finos.

45 Sin embargo, el objetivo del procedimiento y el molino de rodillos de acuerdo con la invención es producir un producto molido libre de o al menos con sólo una proporción limitada de finos y que asegure un procesamiento adicional ventajoso, sin problemas.

50 Una realización de la invención permite obtener el movimiento de apisonado puro de los rodillos de molienda y la intersección de la invención de los ejes del rodillo de molienda con el eje del molino vertical y el horizontal de la

superficie del lecho de molienda con ayuda de los rodillos de molienda dimensionados correspondientemente y/o con rodillos de molienda dispuestos con un ángulo de inclinación correspondiente.

5 Fundamentalmente, el molino de rodillos puede construirse como un molino con rebosadero. El producto molido, machacado mediante un movimiento de apisonado puro de los rodillos de molienda, pasa después, opcionalmente, con un medio de descarga correspondiente, sobre un anillo de retención de la mesa de molienda y se suministra a un procedimiento de clasificación posterior, por ejemplo tamizado o clasificación.

10 Ventajosamente, la molienda de acuerdo con la invención se realiza en un molino de rodillos de arrastre por aire, particularmente de tipo Loesche, en el que un clasificador está integrado en la carcasa del molino y el material triturado inadecuadamente se devuelve a la mesa de molienda, mientras que el producto molido que tiene la distribución de tamaño de partícula deseada se descarga en un flujo de fluido.

Los parámetros y detalles constructivos no descritos junto con el procedimiento de molienda y el molino de rodillos de acuerdo con la invención pueden establecerse de la manera convencional.

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

- 15 **La Figura 1** es una vista lateral, en sección parcial, de un molino de rodillos de arrastre con aire convencional;
- La Figura 2** es una vista lateral esquemática que ilustra la geometría de los rodillos en molino de laboratorio;
- La Figura 3** es un diagrama esquemático que ilustra la generación de fuerzas de cizalla en el molino de las Figuras 1 y 2.
- La Figura 4** es una vista lateral esquemática, similar a la vista de la Figura 2, que ilustra la geometría de los rodillos en un molino de rodillos vertical, de acuerdo con la invención;
- 20 **La Figura 5** es un diagrama esquemático, similar al diagrama de la Figura 3, que ilustra la ausencia de fuerzas de cizalla en el molino de la invención;
- La Figura 6** es un diagrama esquemático que ilustra la relación entre el diámetro de la mesa que define el carril de molienda del molino y la geometría del rodillo requerida;
- La Figura 7** ilustra esquemáticamente la relación entre el perfil del rodillo y la geometría de rodillo requerida;
- 25 **La Figura 8** ilustra la relación entre el diámetro del rodillo y la geometría del rodillo requerida; y
- La Figura 9** es un gráfico que muestra los resultados de un ensayo que compara el rendimiento de un molino de la técnica anterior y un molino de la invención.

### **DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES**

30 La Figura 1 muestra un molino de rodillos de arrastre con aire convencional, de la clase fabricada por Loesche GmbH de Alemania. El molino tiene una mesa de molienda 2, denominada también recipiente o cuenco de molienda, dispuesta para girar alrededor de un eje vertical mediante un accionador 3. Diversos rodillos de molienda 4 están montados encima de la mesa 2 y están dispuestos para moverse sobre un carril de molienda anular 24 sobre la superficie superior de la mesa 2, en un lecho de molienda de material a triturar. El material en forma de partículas, tal como mena, se suministra a la mesa de molienda desde arriba o desde el lateral, y los rodillos llevan hacia abajo la mena sobre el carril de molienda, triturándola por trituración a presión.

35 Un conducto 5 suministra un flujo fuerte de aire a través de un anillo de ventilación 6, hacia la zona de molienda alrededor de la mesa 2, de manera que el material triturado que cae del borde de la mesa se eleva hacia un clasificador 8, cerca de la parte superior del molino. Las partículas completamente trituradas se transportan a una salida 7, aunque las partículas sobredimensionadas caen al clasificador 8 y se devuelven a la zona de molienda.

40 La geometría del rodillo/mesa del molino de rodillos vertical convencional de la Figura 1 se muestra con más detalle en la Figura 2. La mesa 10 del molino está montada para girar alrededor de un eje vertical 12. Un par de rodillos 14 y 16 opuestos, con forma troncocónica, están montados para rotación libre alrededor de los ejes 18 y 20 respectivos, de manera que a medida que la mesa 10 gira, los rodillos 14, 16 estrechados cónicamente se dirigen hacia abajo sobre un lecho de material en forma de partículas 22 soportado por un carril de molienda anular 24, definido en la superficie superior de la mesa 10. El carril de molienda 24 toma la forma de un rebaje anular plano, horizontal, en la superficie de la mesa 10.

45 Los accionadores 26 y 28 hidro-neumáticos, de doble acción, respectivos, del molino de laboratorio mostrado están conectados giratoriamente en los extremos superiores 30 y 32 respectivos, a los soportes de 34 y 36 que se extienden

- 5 hacia fuera desde la carcasa 38 del molino. Los extremos inferiores 40 y 42 respectivos de los accionadores están conectados giratoriamente a palancas 44 y 46, que se extienden hacia atrás desde los montantes 48 y 50, que soportan los rodillos 14 y 16, y sus cojinetes respectivos. Los montantes 48 y 50 están montados giratoriamente en los soportes respectivos 52 y 54, de manera que el repliegue de las vástagos 56 y 58 de los accionadores 26 y 28 respectivos, aumenta la presión ejercida por los rodillos sobre el lecho de partículas 22, y la extensión de los vástagos disminuye la presión.
- 10 Los ejes de rotación 18 y 20 de los rodillos 14 y 16 cortan en un punto P donde también cortan con el eje de rotación vertical 12 de la mesa 10. Puede verse que el punto P está por encima de un plano horizontal 60 definido por la superficie superior del lecho de partículas 22. El plano 60 es paralelo al plano definido por el carril de molienda y, por lo tanto, está espaciado del carril de molienda 24 por una distancia igual a la profundidad del lecho de partículas 22.
- Puede verse que las superficies de molienda de los rodillos 14, 16 tienen forma cónica, con un perfil lineal correspondiente a la superficie plana del carril de molienda 24 y, de esta manera, hacen contacto lineal con el carril de molienda 24 (o el lecho de partículas 22 sobre el mismo).
- 15 A medida que funciona el molino, la mesa 10 se acciona de manera que gira, provocando la rotación correspondiente de los rodillos 14 y 16. El material alimentado reciente se suministra al centro de la mesa 10 desde arriba y se desvía hacia fuera mediante un cono vertical central 62 hacia el interior del carril de molienda anular 24, para formar el lecho de partículas 22 sobre el carril de molienda 24. Los accionadores 26 y 28 se hacen funcionar para provocar que los rodillos 14, 16 apliquen la fuerza requerida al lecho de partículas 22 para conseguir la trituración inter-partícula.
- 20 Debido al hecho de que los ejes 18 y 20, alrededor de los cuales giran los rodillos 14 y 16, se cortan entre sí y con el eje vertical 12 en un punto que está sustancialmente por encima del lecho compactado de material en forma de partículas 22, entre el carril de molienda 24 y las superficies del rodillo, la superficies de contacto de los rodillos 14 y 16 no ruedan enteramente por todo el lecho de partículas 22 y hay una aceleración relativa entre las partes del rodillo y las superficies del carril de molienda, dando como resultado que se generen fuerzas de cizalla entre las superficies de molienda de las partículas en el lecho y entre las propias partículas. En el molino convencional, se busca este resultado, siendo el fin promover el movimiento del lecho y producir un producto triturado con una alta área superficial específica y altas proporciones de ultrafinos. Esto es particularmente importante en aplicaciones de molienda de cemento o carbón, por ejemplo, donde se requieren tamaños de producto finos.
- 25 Una consecuencia de la disposición anterior es que se absorben cantidades significativas de energía, debido a las fuerzas de cizalla generadas y las altas tasas de desgaste de los elementos de desgaste, tales como las que experimentan los rodillos y el carril de molienda. Se promueve la generación de ultrafinos (partículas de menos de 30  $\mu\text{m}$  de tamaño).
- 30 La Figura 3 muestra esquemáticamente el efecto anterior como se experimentó entre el rodillo 14 y lecho de partículas 22. Debido a la anchura finita del rodillo 14 y debido al hecho de que no gira realmente sobre el lecho de partículas 22, sólo puntos individuales en las líneas de contacto entre la periferia del rodillo 14 y el lecho de partículas 22 se mueven a la misma velocidad. De esta manera, como se indica mediante la predicción gráfica por debajo del lecho de partículas 22, en cualquiera de los lados del punto central 64, entre el borde más interno 66 y el borde más externo 68 del lecho de partículas 22, la velocidad diferencial entre la periferia del rodillo y la superficie del lecho de partículas 22 en contacto con el mismo, aumentará desde el punto central 64 hacia los bordes 66 y 68.
- 35 Volviendo ahora a la Figura 4, se muestra la geometría del rodillo/mesa de un molino de rodillos vertical, modificado de acuerdo con la invención. Los componentes del rodillo/mesa del molino modificado son sustancialmente similares a aquellos mostrados en la Figura 2 y, por lo tanto, se usan los mismos números de referencia en las Figuras 2 y 4. En el molino modificado de la Figura 4, los rodillos 14 y 16 se ajustan de manera que sus ejes de rotación 18 y 20 se cortan entre sí, y con el eje de rotación vertical 12 de la mesa 10, en un punto P que está situado en un plano horizontal 60 paralelo al plano definido por la superficie del carril de molienda 24. El plano 60, en el que el punto P está situado, es paralelo a y está espaciado del plano definido por la superficie del carril de molienda 24 por una distancia correspondiente a la profundidad del lecho compactado para las partículas 22, correspondiente, en otras palabras, a la posición de las superficies de molienda del rodillo durante el uso. El punto P típicamente estará separado de 1 a 150 mm por encima de la superficie del carril de molienda 24, de acuerdo con la naturaleza del material a procesar en el molino y la profundidad del lecho de partículas.
- 40 Como puede verse en la Figura 4, las superficies de molienda periféricas de los rodillos 14 y 16 tienen un estrechamiento cónico más pronunciado que las de los rodillos de las Figuras 1 a 3, para permitir el mayor grado de inclinación de los ejes del rodillo 18, 20.
- 45 La Figura 5 indica la diferencia entre la realización de las Figuras 1 a 3 y la de la Figura 4, en que las líneas de contacto entre la periferia del rodillo 14 y la superficie del lecho de partículas 22 están sincronizadas ahora en velocidad a través de la anchura del rodillo 14, eliminando sustancialmente las fuerzas de cizalla entre la superficie de molienda del rodillo
- 50
- 55

14 y el lecho de partículas 22.

Para conseguir la geometría requerida para implementar el concepto de la invención en la práctica, están disponibles numerosas opciones de diseño. Estas opciones pueden aplicarse de forma singular o mediante cualquier combinación que consiga el resultado geométrico deseado.

5 Con referencia a la Figura 6, puede verse que para una forma y diámetro dados del rodillo 14, aumentar el diámetro de la mesa 10 suficientemente dará como resultado que los ejes de rotación de los rodillos se corten entre sí y con el eje de rotación vertical de la mesa en el plano deseado, coincidente con la superficie del lecho de partículas. En la Figura 6, la distancia  $X_1$ , que es la distancia entre el eje vertical 12 y el punto de intersección del eje de rotación de un rodillo 14.1 y el plano horizontal 60, definido por la superficie superior del lecho de partículas, es relativamente grande comparado con la distancia  $X_2$  que corresponde a un rodillo 14.2 que está espaciado adicionalmente, lejos del eje rotación 12. El rodillo 14.3 está espaciado aún más lejos del eje de rotación 12, de manera que su eje de rotación 18.3 corta con el eje vertical 12 y con el plano 60 en el punto  $X_3$ . De esta manera, puede verse que, comparado con la disposición convencional indicada por la posición del rodillo 14.1, el efecto de la presente invención puede conseguirse aumentando suficientemente el diámetro de la mesa 10 y el carril de molienda 24, suponiendo que los rodillos permanecen localizados en la periferia de la mesa.

20 La Figura 6 ilustra, simultáneamente, el principio del procedimiento de acuerdo con la invención, en que a través de un cambio de tamaño de la mesa de molienda 10 y un cambio asociado en el radio del carril de molienda,  $r_m$ , es posible conseguir un movimiento de apisonado puro de un rodillo de molienda 14 idéntico y, en consecuencia, una trituración sin fuerza de cizalla. El movimiento de apisonado puro, sin un movimiento deslizante, se consigue en tanto que se evitan velocidades diferenciales o diferencias entre la trayectoria del rodillo y la trayectoria del carril de molienda, que surgen con un radio del carril de molienda inadecuado  $r_{M1}$  y  $r_{M2}$  de los rodillos de molienda 14.1, 14.2. Sólo con un radio del carril de molienda  $r_{M3}$  el eje del rodillo de molienda 18.3 corta con la horizontal 60 de la superficie de molienda o del lecho de partículas y el eje del molino 12.

25 La Figura 7 muestra cómo puede conseguirse el efecto de la invención cambiando el perfil del rodillo para acomodar un cambio en la inclinación del eje del rodillo, para satisfacer las condiciones descritas anteriormente. En esta realización, el estrechamiento cónico de los rodillos aumenta (es decir, aumenta el ángulo del cono) en comparación con el de un rodillo convencional.

30 Aunque el rodillo de molienda 14 en el lado a mano izquierdo, como resultado de su construcción y un ángulo de inclinación  $\alpha$  con su eje del rodillo 18, corta con el eje del molino 12 a una distancia definida por encima del lecho de molienda o de partículas 22, el rodillo de molienda 14 a mano derecha está dispuesto y construido para una molienda sin fuerza de cizalla. El ángulo de inclinación  $\alpha$  es menor, y la conicidad del rodillo de molienda 14 cambia, de manera que el eje del rodillo 18 del rodillo de molienda a mano derecha 14, corta con el eje del molino 12 en el punto P, en el nivel de una horizontal 60 del plano de la superficie del lecho de molienda 22.

35 La Figura 8 muestra como reduciendo el diámetro del rodillo, sin alterar el perfil cónico de la periferia del rodillo, puede conseguirse el mismo resultado. En la práctica, una combinación de los ajustes anteriores puede usarse, según sea apropiado, para conseguir los resultados requeridos.

40 La Figura 8 muestra otra posibilidad para la construcción de un rodillo de molienda para la molienda sin fuerza de cizalla. Una vez más, el rodillo de molienda a mano izquierda 14 se ha dispuesto y construido de una manera convencional, para trituración con cizalla. Sin embargo, el rodillo de molienda a mano derecha 14 se usa para la molienda sin fuerza de cizalla, y para formar la intersección P al nivel Hm en el que el lecho de molienda 22 tiene un diámetro de rodillo modificado, en concreto más pequeño y/o un ángulo de inclinación  $\alpha$  modificado.

La Figura 9 indica gráficamente los resultados de un ensayo realizado para comparar el rendimiento del molino convencional y un molino adaptado de acuerdo con los principios de la invención.

45 Se usó en ambos ensayos una distribución del tamaño de partícula diana de referencia del 90 por ciento que pasaba de  $75 \mu\text{m}$ . La curva de la Figura 9 muestra las concentraciones relativas de diámetros de partícula, para trituración sin cizalla, en un molino de rodillos vertical de la invención, comparado con una concentración normalizada de diámetros de partícula en un molino de rodillos vertical convencional. Para estos resultados, queda claro que se consigue una reducción significativa en la producción de material ultrafino (partículas de menos de  $30 \mu\text{m}$ ) para esta mena particular.

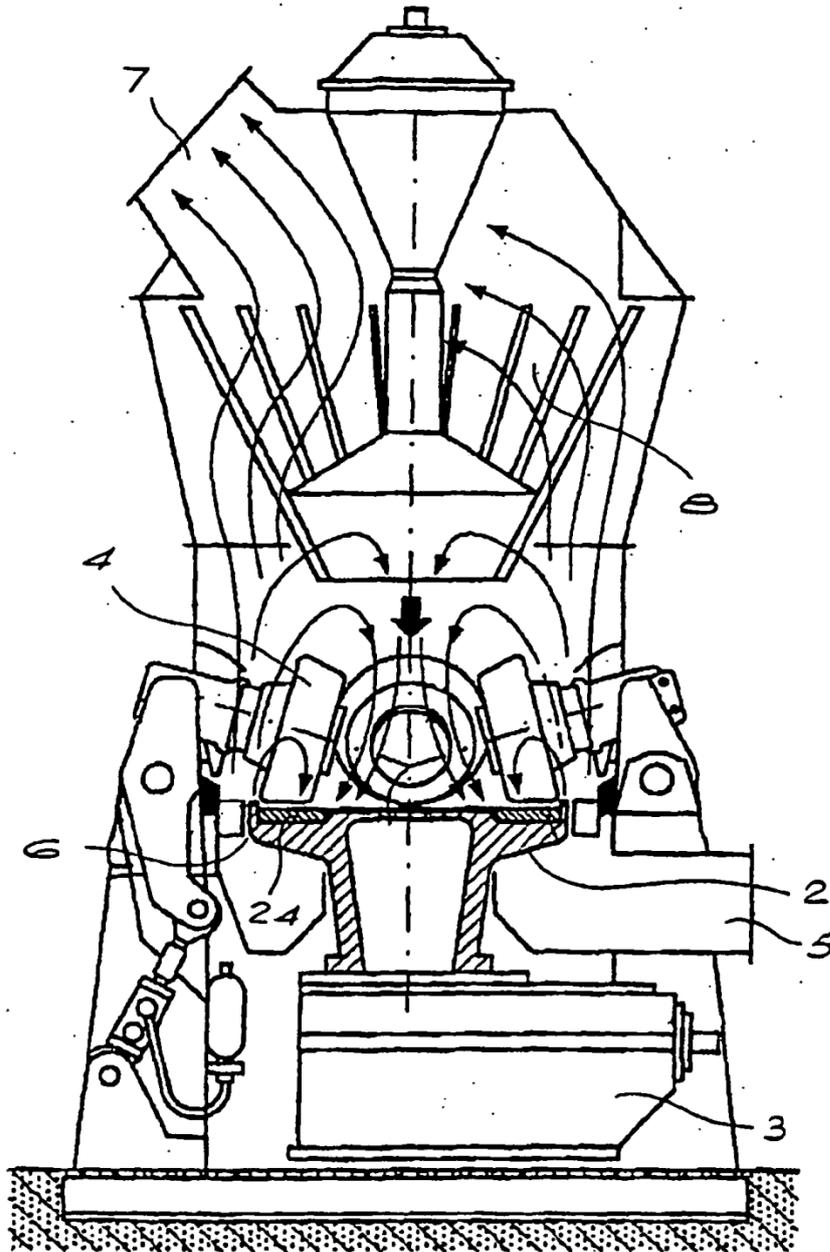
50 Durante los ensayos, se midieron los consumos de electricidad específicos en el accionador del molino. El ensayo del molino sin cizalla de la invención presentó un consumo eléctrico específico reducido, a la finura diana del 40 por ciento, cuando se comparó con los resultados para el molino convencional. Los consumos de desgaste específico se midieron sólo en los elementos de molienda durante los ensayos. El molino sin cizalla presentó un consumo de desgaste específico reducido, a la finura diana del 40 por ciento, cuando se comparó con los resultados para el molino convencional.

5

A partir de la descripción anterior, puede verse que ajustado la geometría de un molino de rodillos vertical, por lo demás convencional, para asegurar una acción de apisonado pura de las superficies de los cilindros, en relación con la superficie del carril de molienda del molino y el lecho de partículas, se obtienen resultados sorprendentemente beneficiosos. La geometría alterada asegura que sólo se confieran fuerzas de compresión y no fuerzas de cizalla (o fuerzas de cizalla mínimas) al lecho de partículas. Esto minimiza la generación de partículas ultrafinas, reduce el consumo de energía del molino y también reduce la tasa de desgaste específica de los elementos de molienda, específicamente el revestimiento de los carriles de molienda y los revestimientos de los rodillos de molienda.

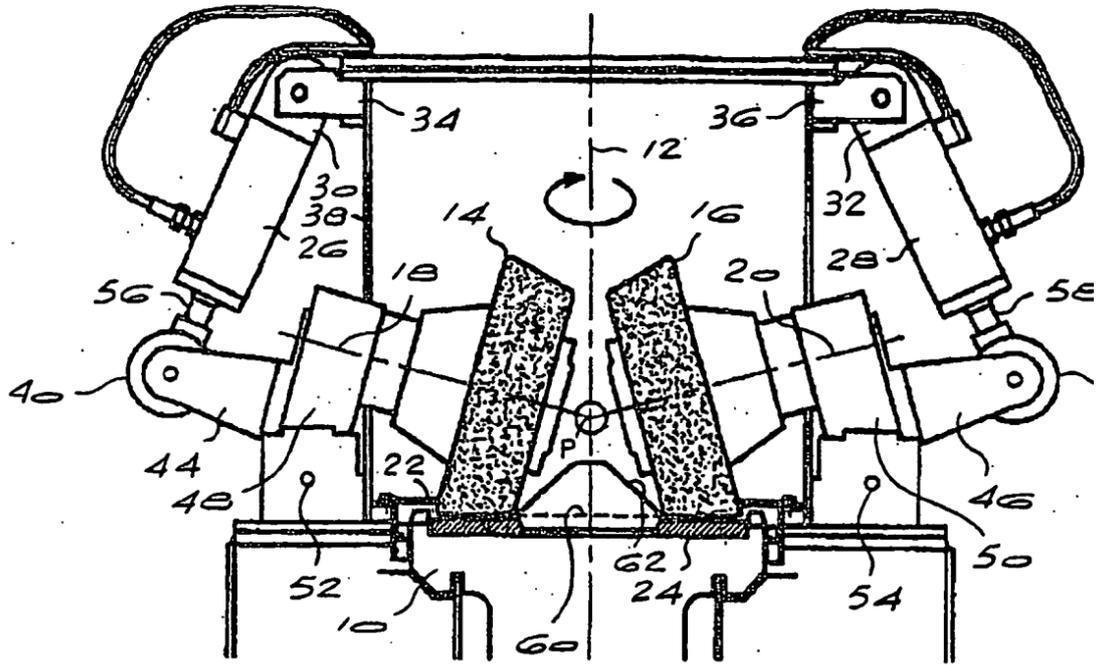
## REIVINDICACIONES

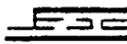
- 5 1. Un procedimiento de trituración de material en forma de partículas, mediante trituración inter-partícula, en un lecho de partículas, comprendiendo el procedimiento hacer pasar un lecho de material en forma de partículas entre al menos dos rodillos y un carril de molienda, en un molino de rodillos vertical, estando dispuesto cada rodillo para aplicar una fuerza de compresión al lecho de material en forma de partículas y girar alrededor de un eje que corta con el eje del otro rodillo o rodillos, y un eje de rotación vertical del carril de molienda, **caracterizado porque** los rodillos de molienda que acoplan el lecho de material en forma de partículas con una acción de apisonado sustancialmente pura, están situados y/o diseñados de manera que los ejes de rotación de los rodillos de molienda intersectan el eje del carril de molienda en un plano por encima del carril de molienda, y están espaciados del carril de molienda por una distancia igual a la altura  $H_m$  del lecho de material particulado, con lo que el lecho de material particulado se ajusta a una altura  $H_m$  en el intervalo de 1 a 150 mm, y con lo que el material particulado se tritura a un producto molido libre de o al menos con una proporción limitada de finos.
- 10 2. Aparato para triturar material en forma de partículas, mediante trituración inter-partícula, en un lecho de partículas (22), comprendiendo el aparato un molino de rodillos vertical que tiene una mesa de molienda horizontal (10) que gira alrededor de un eje de molienda vertical (11) y al menos dos rodillos de molienda estacionarios (14, 16), montados rotatoriamente, que pueden presionarse de forma elástica contra un lecho de molienda (22) formado por el material a triturar en la mesa de molienda (10), y que giran sobre el mismo con un movimiento de apisonado puro, **caracterizado porque** para conseguir un producto molido libre de, o al menos con sólo una proporción limitada de, finos, los al menos dos rodillos de molienda (14, 16) se construyen de forma cónica o tronco-cónica y están situados de tal manera que la superficie circunferencial de cada rodillo de molienda (14, 16) y la superficie de la mesa de molienda (10) o el carril de molienda (24), estén situados horizontalmente y paralelos entre sí, a una distancia claramente definida, con lo que se forma un punto de intersección común P mediante los ejes del rodillo (18, 20) extendidos, el eje del molino vertical (11) y un plano horizontal (60), a una altura  $H_m$  del lecho de molienda compactado (22), con lo que la altura  $H_m$  del lecho de molienda (22) o el punto correspondiente P se ajustan en el intervalo de 1 a 150 mm.
- 15 3. Aparato de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** esto puede obtenerse modificando la conicidad y/o radio del rodillo y/o el ángulo de inclinación de los rodillos de molienda (14, 16).
- 20 4. Aparato de acuerdo con la reivindicación 2 ó 3, **caracterizado porque** esto puede obtenerse modificando el radio del carril de molienda  $r_m$  y el diámetro de la mesa (10).
- 25 5. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicación 2 a 4, **caracterizado porque** esto puede obtenerse modificando la altura  $H_m$  del lecho de molienda (22).
- 30 6. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicación 2 a 5, **caracterizado porque** el carril de molienda (24) es un rebaje anular, definido en una superficie superior de la mesa rotatoria (10).
- 35 7. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicación 2 a 6, **caracterizado porque** está construido como un molino con rebosadero.
8. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicación 2 a 6, **caracterizado porque** está construido como un molino de rodillos de arrastre con aire, y tiene un clasificador integrado.

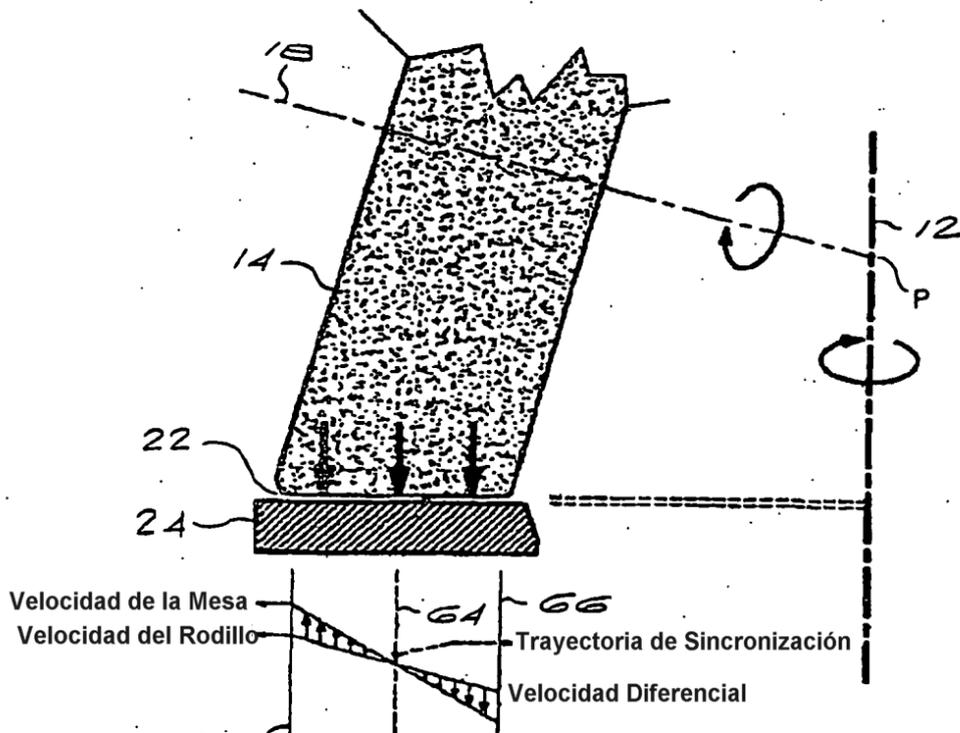


Técnica Anterior

Fig.1



 2 Técnica Anterior



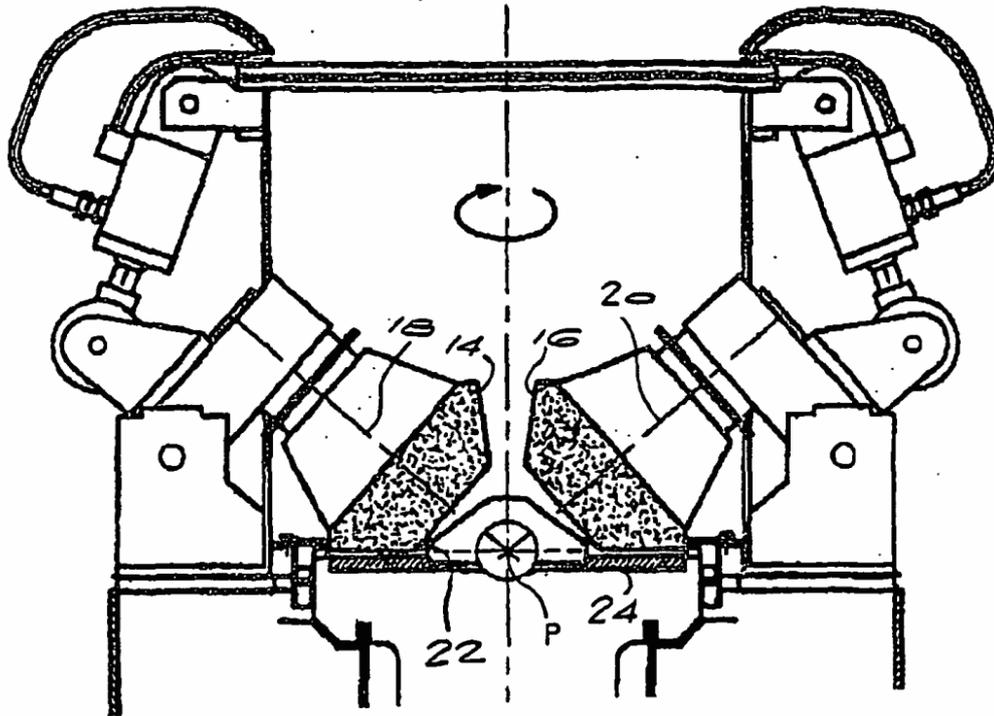
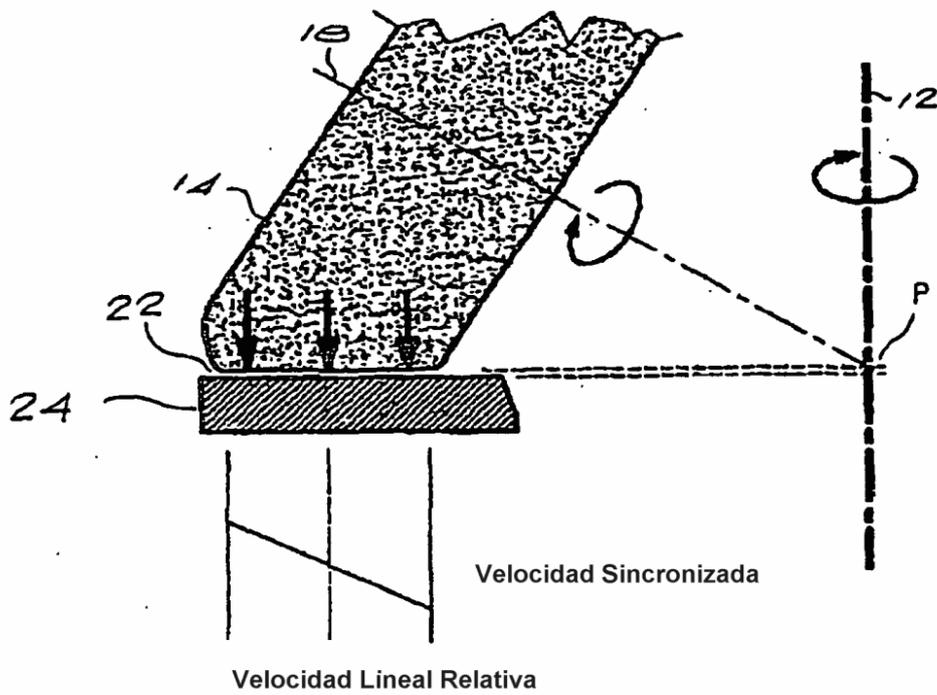


FIG 4



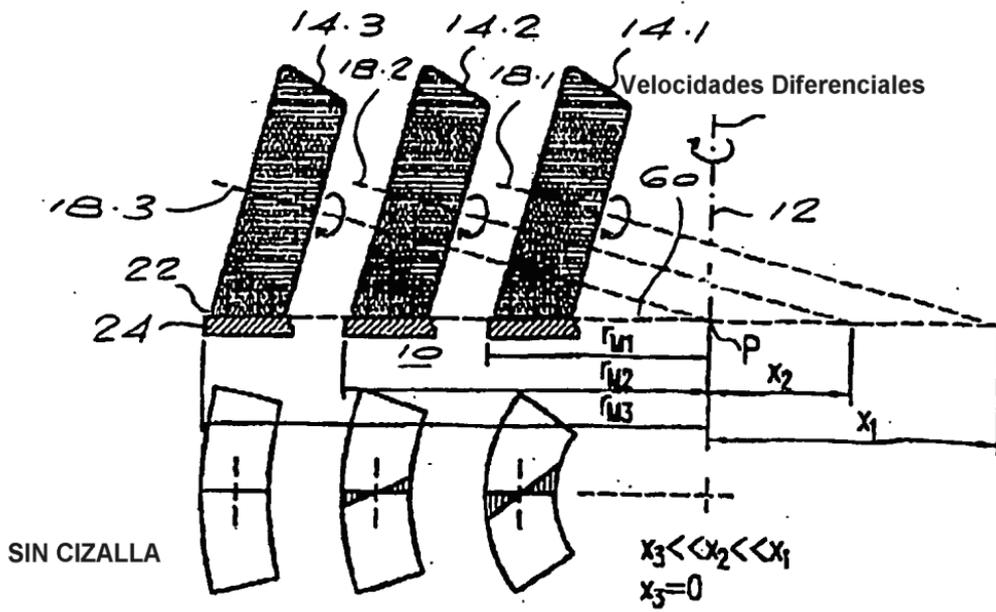


Fig 6

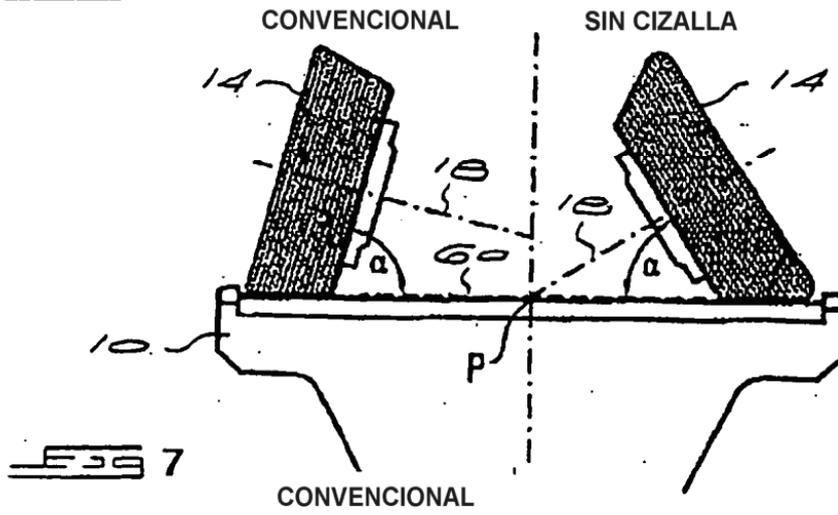
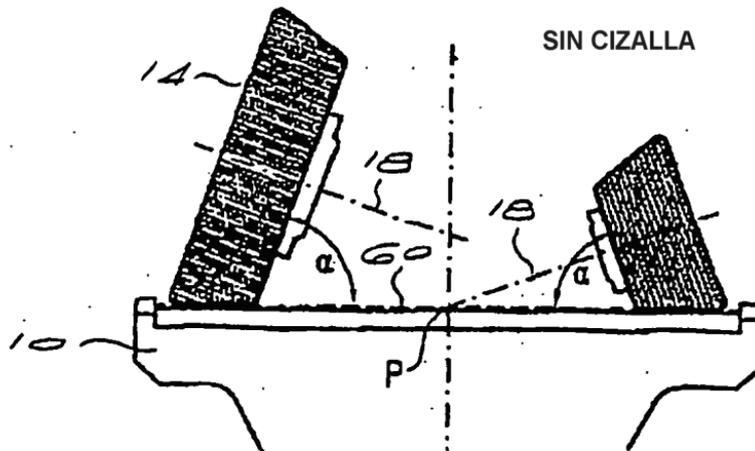


Fig 7





material producido en un ensayo sin cizalla como % de producción a partir de rodillos convencionales

