

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 426 500**

51 Int. Cl.:

**B02C 4/00** (2006.01)

**B02C 7/00** (2006.01)

**B02C 15/00** (2006.01)

**B02C 17/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2006 E 06760974 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2013 EP 1945361**

54 Título: **Procedimiento para aumentar la eficiencia de molienda de menas, minerales y concentrados**

30 Prioridad:

**15.08.2005 AU 2005904395**

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

**23.10.2013**

73 Titular/es:

**XSTRATA TECHNOLOGY PTY LTD (100.0%)  
LEVEL 4 307 QUEEN STREET  
BRISBANE, QLD 4000, AU**

72 Inventor/es:

**ANDERSON, GREGORY STEPHEN;  
CURRY, DANIEL CHARLES y  
PEASE, JOSEPH DAMIAN**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 426 500 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 para aumentar la eficiencia de molienda de menas, minerales y concentrados

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un proceso de molienda mejorado para la trituración de un material de alimentación en partículas o una corriente de alimentación en partículas. La presente invención es particularmente útil para la reducción de tamaño del material en partículas en las industrias mineras o de minerales, y especialmente para la reducción del tamaño de una mena, un concentrado o un material carbonoso, tal como carbón, de un modo como se conoce a partir del documento US-A -5984213.

**Antecedentes de la invención**

10 La reducción de tamaño, o trituración de materiales en partículas se practica comúnmente en las industrias de la minería y de los minerales. Por ejemplo, el beneficio de las menas de una mina requiere normalmente que la mena se someta a trituración para reducir el tamaño de partícula de la mena y para exponer las caras minerales deseadas para el proceso de beneficio. Esto es especialmente cierto en relación con los procesos de flotación para la producción de concentrados a partir de menas, para la lixiviación de minerales a partir de menas o concentrados, así  
15 como los procesos de separación física tales como la separación por gravedad, electrostática y magnética. Del mismo modo, numerosos otros procesos de tratamiento de minerales requieren una reducción de tamaño de una mena o concentrado para aumentar la cinética del proceso de tratamiento de minerales a tasas económicas.

20 La molienda es un procedimiento utilizado con frecuencia para la reducción del tamaño o la trituración de materiales en partículas. Los molinos incluyen normalmente una cámara de molienda a la que se añade el material en partículas. Una carcasa exterior de la cámara de molienda se puede hacer girar, o un mecanismo interno en la cámara de molienda se puede hacer girar (o ambos). Esto provoca la vibración o agitación del material en partículas en la cámara de molienda. Un medio de molienda se puede añadir también a la cámara de molienda. Si el medio de molienda es diferente del material en partículas que se somete a trituración, el procedimiento de molienda se refiere a la molienda exógena. Si las colisiones entre el propio material en partículas provocan la acción de molienda y no  
25 se añade ningún otro medio de molienda, se conoce como molienda autógena. Se conoce una amplia variedad de molinos que incluyen los molinos de perlas, molinos de paridad, molinos de bolas, molinos de barras, molinos coloidales, molinos de energía fluida, molinos de cascada, molinos de oscilación, molinos de agitación, molinos SAG, molinos AG, molinos de torre y molinos de vibración.

30 Las patentes de Estados Unidos Nº 5.797.550 y 5.984.213 (cuyos contenidos son incorporados por referencia en el presente documento en sus totalidades) describen un molino de molienda o un molino de desgaste que incluye una zona de clasificación interna en la cámara de molienda. Los molinos descritos en estas patentes de Estados Unidos pueden ser molinos de eje vertical o molinos de eje horizontal. Una realización comercial de los molinos descritos en estas patentes de Estados Unidos se comercializa bajo el nombre comercial "IsaMill" de Xstrata Technology, una división de negocios de los solicitantes relacionados con la presente solicitud.

35 El material de alimentación alimentado a un molino de molienda y el material de producto retirado de un molino de molienda tendrá una distribución de tamaño de partícula. Existen un número de maneras de caracterizar la distribución del tamaño de partícula del material en partículas. Por ejemplo, puede utilizarse una representación gráfica en cuanto al porcentaje de masa acumulado que pasa un tamaño nominal en comparación con el tamaño de partícula. La nomenclatura  $D_x$  se utiliza entonces para denotar el tamaño en el que pasa por ciento en peso, de  
40 forma acumulativa. Por ejemplo,  $D_{80}$  se refiere a una distribución de tamaño de partículas en la que el 80 % (de forma acumulativa) pasa el tamaño nominado. Por lo tanto,  $D_{80}$  igual a 75 micras se refiere a una distribución de tamaño de partícula en la que el 80 % de la masa es más fina que 75 micras.

45 La tecnología IsaMill se ha implementado para lograr la molienda ultrafina de materiales de alimentación en partículas relativamente finas. Isamill utiliza discos de molienda circulares que agitan el medio y/o las partículas en una suspensión. Una clasificación y separador del producto mantiene el medio de molienda en el interior del molino, lo que permite que salga solamente el producto. Las instalaciones de IsaMills han utilizado hasta la fecha medios de molienda naturales y dirigidos a obtener un producto ultrafino con  $D_{80}$  de menos de 19 micras, y más comúnmente un  $D_{80}$  de menos de 12 micras.

50 En aplicaciones de molienda, el material de alimentación en partículas se refiere normalmente como F y el material en partículas del producto se refiere como P. Por lo tanto,  $F_{50}$  se refiere a una muestra de alimentación en la que el 50 % pasa el tamaño nominado. Del mismo modo,  $P_{98}$  igual a 100 micras se refiere a una distribución de tamaño de producto en la que el 98 % de la masa es más fina que 100 micras.

55 Las curvas de distribución de tamaño en aplicaciones de molienda, que se describen como el tamaño frente al porcentaje acumulado que pasa por un eje logarítmico frente al normal, se caracterizan normalmente por un solo punto de la curva, es decir,  $D_{80}$  (o el 80 % de la masa acumulada que pasa el tamaño).  $P_{80}$  es una descripción razonable de las curvas de molienda y de distribución de tamaño de clasificación clásicas como la distribución de tamaño de alimentación se mueve progresivamente hacia la izquierda en una escala logarítmica-lineal a medida que

las partículas se muelen a tamaños más finos con las técnicas tradicionales.

**Breve descripción de la invención**

En un primer aspecto, la presente invención proporciona un procedimiento para reducir el tamaño de partícula de un material de alimentación que contiene material en partículas que comprende:

- 5 a) proporcionar un material de alimentación que contiene material en partículas;
- b) alimentar el material de alimentación a un molino de molienda con una potencia de al menos 500 kW, teniendo el molino un consumo de energía específica de al menos 50 kW por metro cúbico de volumen de molienda del molino (siendo el volumen interno del molino neto del volumen del eje o ejes y agitador o agitadores), incluyendo el molino de molienda un medio de molienda que comprende material en partículas que
  - 10 tiene una gravedad específica de no menos de 2,4 toneladas/m<sup>3</sup> y un tamaño de partícula que se encuentra dentro del intervalo de aproximadamente 0,8 a 8 mm ;
- c) moler el material de alimentación en el molino de molienda; y
- d) retirar un producto del molino de molienda, teniendo el producto un intervalo de tamaño de partícula de tal manera que D<sub>80</sub> del producto sea al menos aproximadamente 20 micras.

15 Preferentemente, el producto retirado del molino de molienda tiene un intervalo de tamaño de partícula de tal manera que D<sub>80</sub> del producto sea aproximadamente de 20 a 1000 micras.

Preferentemente, el medio de molienda es un medio de molienda artificial. Ejemplos de medios de molienda artificiales que se pueden utilizar en la presente invención incluyen medios de molienda de material cerámico, medios de molienda de acero o hierro o medios de molienda basados en escorias metalúrgicas. Por "medios de molienda artificiales", se quiere decir que los medios de molienda han sido fabricados por un proceso que incluye una transformación química de un material o materiales en otro material. La expresión "medios de molienda artificiales" no pretende incluir materiales que han sido tratados únicamente por medios físicos, tales como el tambor o apantallamiento de arenas naturales.

20 Los medios de molienda pueden tener una gravedad específica que se encuentra dentro del intervalo de 2,2 a 8,5 toneladas por metro cúbico.

En algunas realizaciones, el procedimiento de la presente invención utiliza un medio de molienda de material cerámico. La gravedad específica de los medios de molienda de material cerámico se encuentra preferentemente dentro del intervalo de 2,4 a 6,0 toneladas por metro cúbico. Más preferentemente, la gravedad específica de los medios de molienda es superior a 3,0 toneladas por metro cúbico, aún más preferentemente de aproximadamente 3,2 a 4,0 toneladas por metro cúbico, sin embargo, incluso más preferentemente de aproximadamente 3,5 a 3,7 toneladas por metro cúbico.

Los medios de molienda de material cerámico pueden comprender un material de óxido. El material de óxido puede incluir uno o más de alúmina, sílice, óxido de hierro, circonio, magnesia, óxido de calcio, circonio estabilizado con magnesia, óxido de itrio, nitruros de silicio, circón, circonio estabilizado con itrios, óxido de circonio estabilizado con cerio u otros materiales similares resistentes al desgaste.

El medio de molienda de material cerámico tiene preferentemente generalmente forma esférica, aunque otras formas se pueden utilizar también. Incluso formas irregulares pueden ser utilizadas.

En otras realizaciones, la presente invención utiliza medios de molienda de hierro o acero. En estas realizaciones, el medio de molienda está adecuadamente en forma de esferas o bolas, aunque otras formas también pueden ser utilizadas. La gravedad específica del medio de molienda de acero o de hierro es normalmente mayor que 6,0 toneladas/m<sup>3</sup>, más preferentemente de aproximadamente 6,5 a 8,5 toneladas/m<sup>3</sup>.

Otras realizaciones de la presente invención utilizan escoria metalúrgica como el medio de molienda. La escoria metalúrgica se puede utilizar en la forma de partículas de forma irregular de escoria o, más preferentemente, en forma de partículas con forma regular de escoria. Si se utilizan partículas con forma regular de escoria, esas partículas de escoria tienen adecuadamente una forma generalmente esférica. Sin embargo, se entenderá que la presente invención también se extiende al uso de otras formas.

El medio de molienda se puede añadir a la cámara de molienda de tal manera que ocupa del 60 % al 90 % en volumen del espacio dentro de la cámara de trituración, o incluso del 70 al 80 % en volumen del espacio dentro de la cámara de molienda. Sin embargo, se apreciará que la presente invención también abarca un procedimiento de molienda en el que el molino de molienda tiene un llenado volumétrico de menos del 60 % del medio de molienda.

En una realización, el procedimiento de la presente invención utiliza un molino de molienda de eje horizontal. Ejemplos de un molino de molienda de eje horizontal adecuado es un molino de molienda de eje horizontal tal como se describe en algunas realizaciones de la patente de Estados Unidos 5.797.550, o tal como un molino de molienda

de eje horizontal como el fabricado y comercializado por Xstrata Technology bajo el nombre comercial IsaMill. Otros molinos de molienda de eje horizontal o IsaMills modificados se pueden utilizar también.

5 El material de alimentación añadido al molino de molienda puede tener un intervalo de tamaño de partícula de tal manera que  $D_{80}$  del material de alimentación esté entre 30 y 3000 micras, más adecuadamente entre 40 y 900 micras.

El producto recuperado a partir del procedimiento de la presente invención tiene un  $D_{80}$  de 20 a 700 micras. Más preferentemente, el producto tiene un  $D_{80}$  de 20 a 500 micras.

10 El procedimiento de molienda de la presente invención utiliza normalmente alta intensidad de energía y, por lo tanto, el procedimiento puede caracterizarse como un procedimiento de molienda de alta intensidad. Por ejemplo, la potencia extraída con respecto al volumen del molino (siendo el volumen interno del molino neto del volumen del eje o ejes y del agitador o agitadores) se encuentra comprendido en el intervalo de 50 a 600 kW por metro cúbico, más preferentemente de 80 a 500 kW por metro cúbico, aún más preferentemente de 100 a 500 kW por metro cúbico.

15 El molino tiene una potencia de al menos 500 kW. Más adecuadamente, el molino tiene una potencia de al menos 750 kW. Incluso de manera más adecuada, el molino tiene una potencia de 1 MW o mayor. Preferentemente, el molino tiene una potencia de 1 MW a 20 MW. En este sentido, la potencia del molino se determina por el consumo de potencia del motor o motores que impulsan el molino.

20 En las realizaciones preferidas de la presente invención, el molino de molienda comprende un IsaMill (como se ha descrito anteriormente). En el IsaMill, una serie de agitadores se colocan dentro de la cámara de molienda y estos agitadores se hacen girar por un eje accionado apropiado. La alta intensidad de potencia se consigue a través de una combinación de alta velocidad del agitador y la compresión de los medios que surgen de la contrapresión aplicada al molino. Adecuadamente, la velocidad de la punta de los agitadores que giran se encuentra comprendida dentro del intervalo de 5 a 35 metros por segundo, más preferentemente de 10 a 30 metros por segundo, aún más preferentemente de 15 a 25 metros por segundo.

25 Los agitadores utilizados en un IsaMill suelen ser discos. Sin embargo, se apreciará que un IsaMill puede modificarse para utilizar diferentes agitadores y la presente invención abarca el uso de tales molinos modificados. También se apreciará que otros molinos de agitación se pueden utilizar también de acuerdo con la presente invención, en la que esos otros molinos de agitación incorporan estructuras giratorias adecuadas, por ejemplo, molinos de paridad, que son molinos que se agitan con un vuelo de barrena giratoria, etc. La velocidad de la punta de dichos aparatos de giro se encuentra preferentemente dentro de los intervalos mencionados anteriormente.

30 Se ha encontrado que el procedimiento de molienda de al menos las realizaciones preferidas de la presente invención aumenta la eficiencia energética de la molienda para tamaños no ultrafinos en comparación con los molinos giratorios o de agitación utilizados convencionalmente para este trabajo en las industrias mineras y de minerales.

35 El material de alimentación se alimenta adecuadamente al molino de molienda en la forma de una suspensión. Por lo tanto, en una realización preferida, el procedimiento de molienda de la presente invención es un procedimiento de molienda en húmedo.

40 Las realizaciones de la presente invención proporcionan un proceso de molienda de alta intensidad para su uso en las industrias mineras o de minerales. El procedimiento utiliza grandes molinos con alto consumo de energía, alta entrada de potencia específica y utiliza medios de molienda artificiales. El procedimiento consigue una molienda que es algo más basta que la molienda ultra fina, con lo que el procedimiento es aplicable a un gran número de menas, concentrados u otros materiales. Anteriormente, la molienda de alta intensidad no había obtenido un producto en el intervalo de tamaño obtenido por la presente invención, en particular cuando se habían utilizado molinos de gran tamaño.

#### Breve descripción de los dibujos

45 La Figura 1 muestra una vista esquemática en sección transversal de un molino de molienda adecuado para su uso en el procedimiento de la presente invención;

La Figura 2 muestra un diagrama de flujo de un circuito de molienda de circuito abierto para su uso en una realización preferida de la presente invención;

50 La Figura 3 muestra un diagrama de flujo de un circuito de molienda que utiliza la densificación del material de alimentación;

La Figura 4 muestra un diagrama de flujo de un circuito de molienda que utiliza la clasificación externa del producto;

La Figura 5 muestra un gráfico del porcentaje acumulativo que pasa un tamaño frente al tamaño para un ejemplo de un procedimiento de molienda de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 6 muestra un gráfico del porcentaje acumulativo que pasa un tamaño frente al tamaño para un ejemplo de un procedimiento de molienda de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 7 muestra un diagrama de flujo que incorpora un ejemplo de la presente invención; y

5 La Figura 8 muestra un gráfico del porcentaje acumulativo que pasa un tamaño frente al tamaño para un ejemplo de un procedimiento de molienda de acuerdo con una realización de la presente invención.

### Descripción detallada de los dibujos

Se apreciará que la siguiente descripción se refiere a las realizaciones preferidas de la presente invención. Por lo tanto, se entenderá que la presente invención no debe considerarse limitada a las realizaciones preferidas descritas a continuación.

10 El procedimiento de la presente invención se realiza convenientemente en un molino horizontal, tal como un molino de agitación de eje horizontal. Un IsaMill de eje horizontal es particularmente adecuado en este sentido, pero se entenderá que otras realizaciones preferidas de la presente invención pueden realizarse en otros molinos de eje horizontal o vertical. El uso de un molino de molienda que tiene una configuración horizontal proporciona las siguientes ventajas:

- 15 – evita cortocircuitos de los sólidos de alimentación, lo que ayuda a producir una distribución de tamaño de partícula estrecha;
- hace que el proceso sea robusto frente a cambios en la densidad de la pasta de alimentación; y
- reduce la altura de la instalación y facilita el mantenimiento, principalmente debido a que el agitador se puede mantener sin retirarse de la caja de engranajes y/o eje.

20 La patente de Estados Unidos N° 5.797.550, en particular las Figuras 6, 20, 21 y 22 describen realizaciones de molinos de molienda de eje horizontal adecuados para su uso en la presente invención.

La Figura 1 de la presente solicitud muestra una vista esquemática de un molino de molienda adecuado para su uso en la presente invención. El molino 10 de la Figura 1 comprende una carcasa exterior 12. Un eje de accionamiento 14 se extiende a través de un mecanismo de cierre 16 en la cámara de molienda 18. El eje de accionamiento 14 lleva una pluralidad de discos de molienda 20 espaciados. Los discos de molienda 20 se disponen de manera que se hacen girar con el eje de accionamiento 14. El eje de accionamiento 14 es accionado por un motor y la disposición de caja de engranajes (no mostrada), como se comprenderá bien por las personas expertas en la materia.

30 La pasta de alimentación y el medio de conformación se alimentan al molino 10 a través de la entrada 22. El material de alimentación en partículas y el medio de molienda interactúan con los discos 20 giratorios. Los discos están espaciados para agitar el medio en un patrón de alta cizalla para causar la molienda del material en partículas. Cada uno de los discos de molienda 20 está provisto de una pluralidad de aberturas a través de las que pasa el material en partículas a medida que atraviesa a lo largo de la extensión axial del molino de molienda 10.

35 El molino está también provisto de un disco de clasificación 24 y de rotor de separación 26. Estos están diseñados para operar de acuerdo con los discos de clasificación y los rotores de separación de la patente de Estados Unidos 5.797.550. En particular, el disco de clasificación 24 se coloca cerca del rotor de separación 26 de manera que el medio no recircule durante la agitación, sino que centrifugue hacia la carcasa 12 de la cámara de molienda. El rotor de separación 26 bombea un gran flujo de recirculación en contra de la dirección del flujo de pasta en el molino. Esta acción mantiene al medio centrifugado lejos del área de descarga del molino. Las partículas grandes (medio de molienda y material de alimentación grueso) se ven afectados por estas fuerzas y se mantienen en el interior del molino. Las partículas finas (que son las partículas de tamaño de producto y medios erosionados o desgastados del medio que ha pasado su vida de medio de molienda útil) no se ven afectadas por las fuerzas centrífugas que actúan entre el disco de clasificación 24 y el rotor de separación 26 y salen del molino a través de un distribuidor cilíndrico.

45 La cantidad de pulpa bombeada o recirculada por el rotor de separación 26 afecta a la presión de la bomba de alimentación del molino y las fuerzas de compresión en el medio de molienda que aumentan la tasa volumétrica del rotor se consiguen cambiando la velocidad de giro del molino y/o el diseño del rotor. Un aumento de la tasa de bombeo del rotor de separación aumentará el consumo de energía del molino, permaneciendo iguales todos los demás factores. Altas tasas de bombeo del rotor de separación son deseables en el procedimiento de la presente invención para contrarrestar la alta producción volumétrica de pasta de alimentación fresca.

50 La Figura 2 muestra un diagrama de flujo de molienda preferido para su uso con la presente invención. En particular, la Figura 2 muestra un circuito de molienda de circuito abierto en el que el material de alimentación 1 se alimenta al molino de molienda 10 y el producto 2 retirado del molino de molienda 10. No se realiza ninguna recirculación del producto. Se prefiere este diagrama de flujo en el que el molino de molienda es un IsaMill porque el IsaMill permite la clasificación interna del producto.

La Figura 3 muestra una configuración de circuito de molienda alternativo en el que el material de alimentación 1 se somete a la densificación y/o la clasificación de partículas en un ciclón 3, sin embargo, otras técnicas pueden ser utilizadas, incluyendo pero sin limitarse a, espesantes o clarificadores. El material grueso 4 se alimenta al molino de molienda 10 mientras que el material fino 5 pasa al molino de molienda 10 y se mezcla con el producto 2 del molino de molienda 10.

La Figura 4 muestra un diagrama de flujo de molienda adicional de acuerdo con una realización adicional de la presente invención. El diagrama de flujo mostrado en la Figura 4 tiene un material de alimentación 30 alimentado a un molino de molienda 31. El molino de molienda 31 puede no necesitar un clasificador interno de tal manera que el material en partículas 32 que abandona el molino 31 no se clasificada. El material en partículas 32 pasa a un clasificador 33 en el que se clasifica en una corriente de producto 34 y una corriente de reciclaje 35 que se devuelve al molino 31 para su posterior molienda. El clasificador 33 puede incluir un ciclón, un hidrociclón, una o más pantallas o cualquier otro medio de clasificación adecuado conocido por la persona experta.

La operación del circuito abierto, como se muestra en la Figura 2, se prefiere en los casos en los que se utiliza un IsaMill, como se describe en las patentes de los Estados Unidos. 5.797.550 y 5.984.213, como tal los molinos incluyen un mecanismo de clasificación interno que es capaz de producir una distribución de tamaño de partícula del producto del molino que es muy estrecha e ideal para su posterior procesamiento. Cerrar el circuito con un clasificador (es decir, un ciclón o hidrociclón) puede producir una distribución más amplia del tamaño del producto. El diagrama de flujo de la Figura 3 es adecuado cuando se desea reducir al mínimo la cantidad de material que pasa a través del molino de molienda. El diagrama de flujo de la Figura 4 es más adecuado cuando el molino no tiene ninguna clasificación interna o una clasificación interna que no produce una distribución de tamaño de partícula del producto estrecha.

Para demostrar el procedimiento de la presente invención, una distribución de tamaño de partícula del material de alimentación se sometió a molienda de acuerdo con la presente invención. La ejecución de la prueba se realizó bajo las siguientes condiciones:

- configuración de circuito abierto;
- molino de eje horizontal (IsaMill);
- medio de molienda de 3,5 mm de material cerámico con gravedad específica = 3,6 t/m<sup>3</sup>; e
- intensidad de potencia de 500 KW/m<sup>3</sup>.

La Figura 5 muestra las curvas de distribución de tamaño para el material de alimentación utilizado en este ejemplo y el producto obtenido a partir del ejemplo.

De la revisión de la Figura 5, se puede afirmar que la energía de molienda se dirige preferentemente a las partículas gruesas que requieren molienda y se evita la generación de partículas ultrafinas exceso. Además, un estrechamiento o agudización de la distribución del tamaño del producto se está produciendo a medida que la molienda continúa, las curvas de paso del ciento acumulado frente a las de tamaño son cada vez "más pronunciadas".

En la Figura 6, se puede observar un ejemplo de una instalación a gran escala que trata producto grueso. En este caso, el consumo de potencia del motor fue de 1,8 MW, mientras que la cámara de molienda fue de 10 m<sup>3</sup>, y con una carga mezclada del 33 % de 2,5 mm de medio de material cerámico, con el resto una mezcla de 3 mm a 3,5 mm de medio de material cerámico. Mientras se operaba el molino de forma no optimizada y en un circuito abierto, sin utilizar el consumo de energía total de 2,6 MW, se pudo demostrar que el molino podría tratar material de alimentación grueso. La alimentación al molino tenía una F<sub>80</sub> de 135 µm y una F<sub>50</sub> de 60 µm, y la descarga de P<sub>80</sub> producida fue de 60 µm, y una P<sub>50</sub> de 17 µm. Se puede observar a partir de la Figura 6 que para tamaños finos la distribución fue más pronunciada que para el material de alimentación, mientras que los intervalos de tamaños más gruesos tuvieron un gradiente menor que la distribución del material de alimentación.

En algunas realizaciones de la presente invención, el procedimiento permite un mayor rendimiento para el mismo consumo de energía. Como alternativa, para las nuevas instalaciones de molienda, puede incurrirse en la reducción de los costes de capital debido a que los requisitos de rendimiento se pueden resolver con un molino que sea más pequeño, que de otro modo sería necesario. El procedimiento de la presente invención proporciona también una mayor eficiencia de molienda en comparación con otros procesos de molienda, proporcionando de este modo la reducción de los costes operativos. El procedimiento de la presente invención utiliza grandes molinos de molienda para obtener una mayor eficiencia de molienda, lo que permite mayor producción para una instalación de molienda dada o la reducción de los costes de capital para una nueva instalación de molienda. El procedimiento se utiliza para la molienda en los campos de minería o minerales. El procedimiento puede ser utilizado para preparar corrientes de material de alimentación para lixiviación, flotación, separación por gravedad, separación magnética, separación electrostática, corrientes de carbón adecuadas para el lavado, producción de suspensiones combustibles de carbón-agua o gasificación de carbón, corrientes de material de alimentación para sinterización o fundición, procesamiento de alúmina y bauxita, procesamiento de menas de hierro incluyendo magnetita, hematita y taconita, producción de pellets y similares, además de ser utilizado junto con circuitos de rodillos abrasivos a alta presión. El procedimiento

permite también el tratamiento de materiales de alimentación que tienen una distribución de tamaño de partícula que se pensaba previamente que era inadecuada para la molienda a gran escala, pro molinos de molienda de alta intensidad y para obtener una distribución de tamaño del producto no ultrafino.

5 La Figura 7 muestra un diagrama de flujo que incorpora un IsaMill operado en circuito abierto para la molienda de un flujo inferior ciclónico en molino SAG para producir un producto adecuado para la flotación. En el diagrama de flujo de la Figura 7, mena de una pila de reserva de menas 100 se alimenta a un molino SAG 102. El producto del molino SAG 102 se hace pasar por la pantalla 104. El producto de gran tamaño capturado por la pantalla 104 se devuelve al molino SAG 102.

10 Las partículas que pasan a través de la pantalla 104 se envían a los ciclones primarios 106. El flujo inferior ciclónico se envía al IsaMill 108. El producto del IsaMill 108 se envía a la planta de flotación. En la planta normal, el flujo inferior ciclónico se alimenta al molino de torre 110 y posteriormente se hace regresar al material de alimentación ciclónico primario.

15 Para fines del trabajo de prueba, el IsaMill 108 era un IsaMill M20. El IsaMill M20 es un molino de pequeña escala que se utiliza para fines de trabajo de prueba, siendo los resultados del molino capaces de utilizarse en el diseño de escala completa de IsaMills a gran escala, tales como el M10000.

20 Una corriente de purga 109 del flujo inferior ciclónico se hizo pasar a través de un separador magnético y después a través de una pantalla de 1,04 mm antes de entrar en el IsaMill M20 para asegurarse de que los restos del medio del molino SAG, escorias de acero, no bloqueaban el molino. El IsaMill M20, tiene una cámara de molienda de 20 L y aproximadamente 15 L del medio se añadió a la cámara de molienda. El medio era Magotteaux MT1 (Keramax), y consistía en 50 % 2,5 mm y 50 % 3,5mm de medios. La GE de la pulpa era de 1,23 a 1,39. La alimentación al molino fue de 0,9 m<sup>3</sup>/hr.

En promedio, el material de alimentación grueso del flujo inferior ciclónico tenía una F<sub>80</sub> entre 250 y 300 µm, mientras que el producto del IsaMill tenía una P<sub>80</sub> que variaba entre 20 y 30 µm. Los resultados de un día de resultados se muestran en la Figura 8.

25 Los expertos en la materia apreciarán que la presente invención puede ser susceptible a variaciones y modificaciones distintas a las descritas específicamente. Se entenderá que la presente invención abarca todas estas variaciones y modificaciones que están comprendidas dentro de su espíritu y alcance.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para reducir el tamaño de partícula de un material de alimentación que contiene material en partículas que comprende:
  - a) proporcionar un material de alimentación que contiene material en partículas;
  - 5 b) alimentar el material de alimentación a un molino de molienda con una potencia de al menos 500 kW, teniendo el molino un consumo de energía específica de al menos 50 kW por metro cúbico de volumen de molienda del molino (siendo el volumen interno del molino neto del volumen del eje o ejes y del agitador o agitadores), incluyendo el molino de molienda un medio de molienda que comprende material en partículas que tiene una gravedad específica de no menos de 2,4 toneladas/m<sup>3</sup> y un tamaño de partícula que se encuentra dentro del intervalo de aproximadamente 0,8 a 8 mm ;
  - 10 c) moler el material de alimentación en el molino de molienda; y
  - d) retirar un producto del molino de molienda, teniendo el producto un intervalo de tamaño de partícula tal que D<sub>80</sub> del producto es al menos aproximadamente 20 micras.
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el producto retirado del molino de molienda tiene un intervalo de tamaño de partícula tal que D<sub>80</sub> del producto es de aproximadamente 20 a 1000 micras.
3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el medio de molienda es un medio de molienda artificial que ha sido fabricado por un proceso que incluye una transformación química de un material o materiales en otro material.
4. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el medio de molienda artificial comprende medios de molienda de material cerámico, medios de molienda de acero o hierro o medios de molienda a base de escorias metalúrgicas.
5. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el medio de molienda tiene una gravedad específica comprendida dentro del intervalo de 2,2 a 8,5 toneladas por metro cúbico.
6. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el medio de molienda comprende un medio de molienda de material cerámico.
7. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la gravedad específica del medio de molienda de material cerámico está comprendida dentro del intervalo de 2,4 a 6,0 toneladas por metro cúbico.
8. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la gravedad específica del medio de molienda es superior a 3,0 toneladas por metro cúbico.
9. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la gravedad específica del medio de molienda es de aproximadamente 3,2 a 4,0 toneladas por metro cúbico.
10. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la gravedad específica del medio de molienda es de aproximadamente 3,5 a 3,7 toneladas por metro cúbico.
11. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el medio de molienda de material cerámico comprende un material de óxido.
12. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el material de óxido es seleccionado del grupo que consiste en alúmina, sílice, óxido de hierro, circonio, magnesia, óxido de calcio, circonio estabilizado con magnesia, óxido de itrio, nitruros de silicio, circón, circonio estabilizado con itrios, óxido de circonio estabilizado con cerio o mezclas de los mismos.
13. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el medio de molienda es un medio de molienda de hierro o acero
14. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el medio de molienda es un medio de molienda de escoria metalúrgica.
15. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el medio de molienda es añadido a la cámara de molienda de tal manera que ocupa del 60 % al 90 % en volumen del espacio dentro de la cámara de molienda.
16. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el molino de molienda comprende un molino de molienda de eje horizontal.
17. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el material de alimentación añadido en el molino de molienda tiene un intervalo de tamaño de partícula tal que el D<sub>80</sub> del material de alimentación es de 30 a 3000 micras.

## ES 2 426 500 T3

18. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 17, en el que el  $D_{80}$  del material de alimentación es de 40 a 900 micras,
19. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el producto recuperado del procedimiento tiene un  $D_{80}$  de 20 a 700 micras.
- 5 20. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 19, en el que el producto tiene un  $D_{80}$  de 20 a 500 micras.
21. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el consumo de energía con respecto al volumen del molino está comprendido dentro del intervalo de 50 a 600 kW por metro cúbico.
22. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 21, en el que el consumo de energía está comprendido dentro del intervalo de 80 a 500 kW por metro cúbico.
- 10 23. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 21, en el que el consumo de energía está comprendido dentro del intervalo de 100 a 500 kW por metro cúbico.
24. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el molino tiene una potencia de al menos 750 kW.
25. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 24, en el que el molino tiene una potencia de 1 MW o mayor.
- 15 26. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 24, en el que el molino tiene una potencia de 1 MW a 20 MW.
27. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el molino comprende un molino de eje horizontal que tiene una serie de agitadores situados dentro de la cámara de molienda, siendo los agitadores girados por un eje accionado, siendo los agitadores girados de tal manera que una velocidad de la punta de los agitadores está comprendida dentro del intervalo de 5 a 35 metros por segundo.
- 20 28. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el material de alimentación es adecuadamente alimentado al molino de molienda en forma de una suspensión.

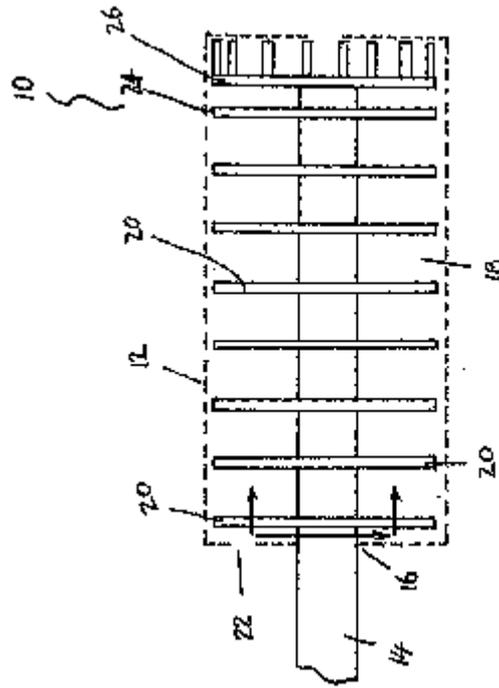


Figure 1

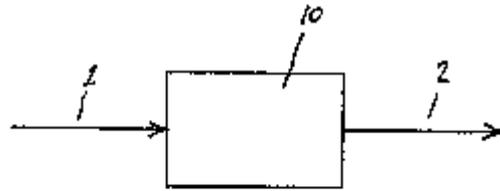


Figura 2

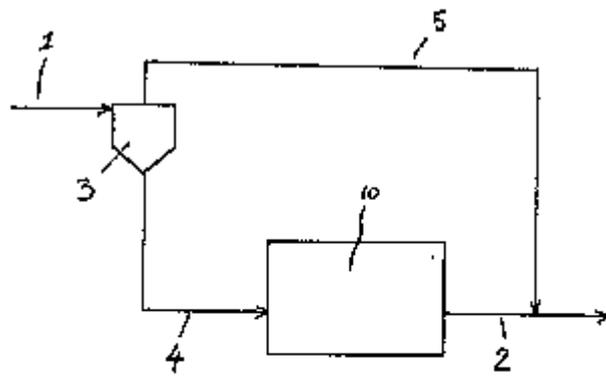


Figura 3

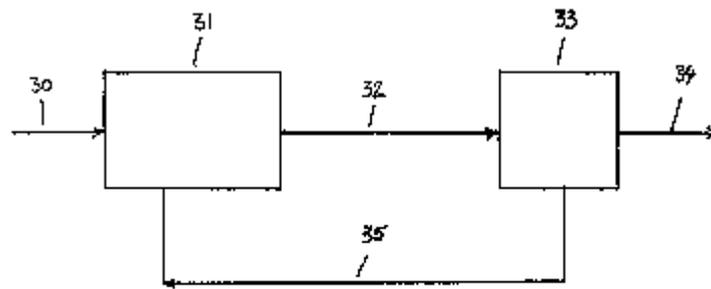


Figura 4

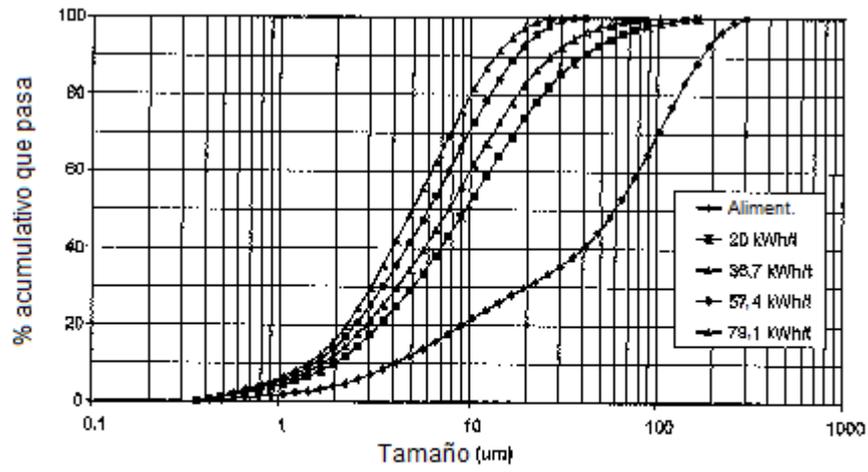


Figura 5

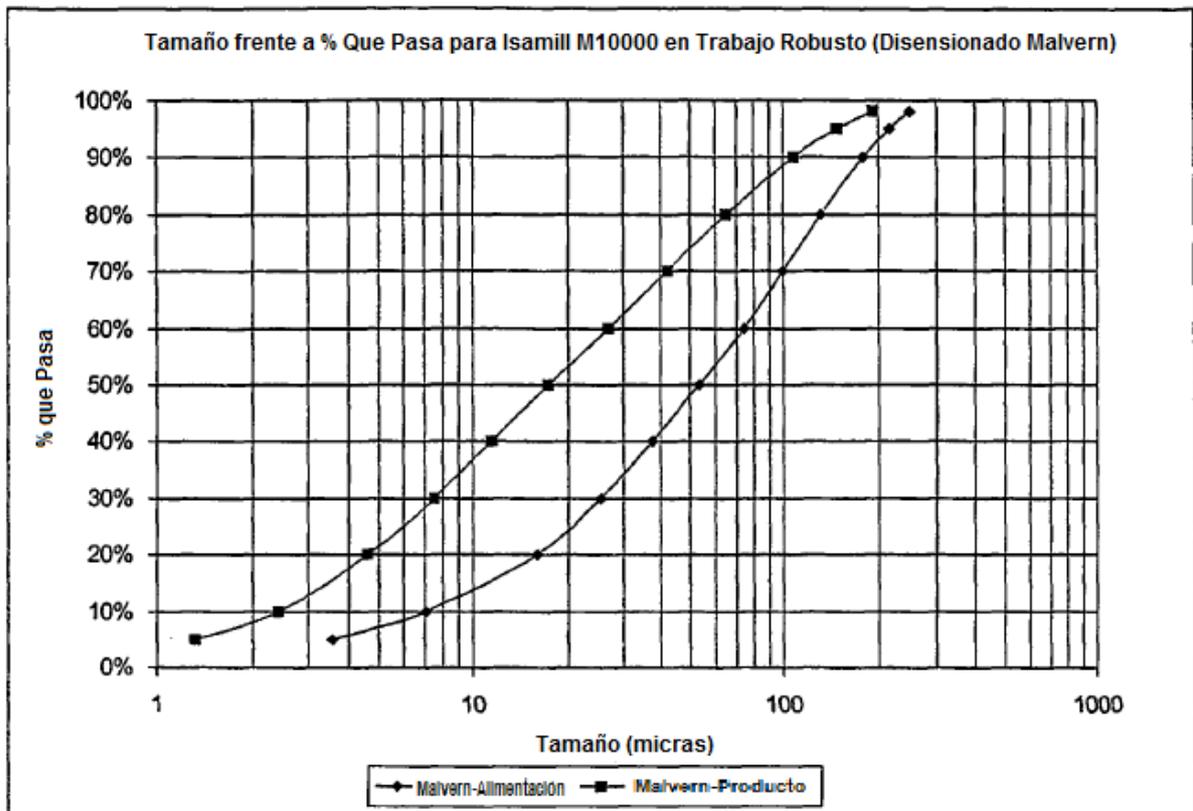


Figura 6

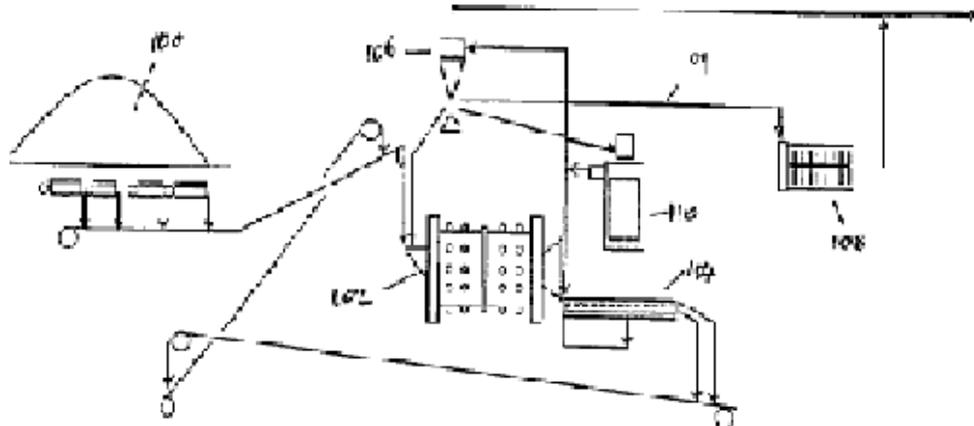


Figura 7

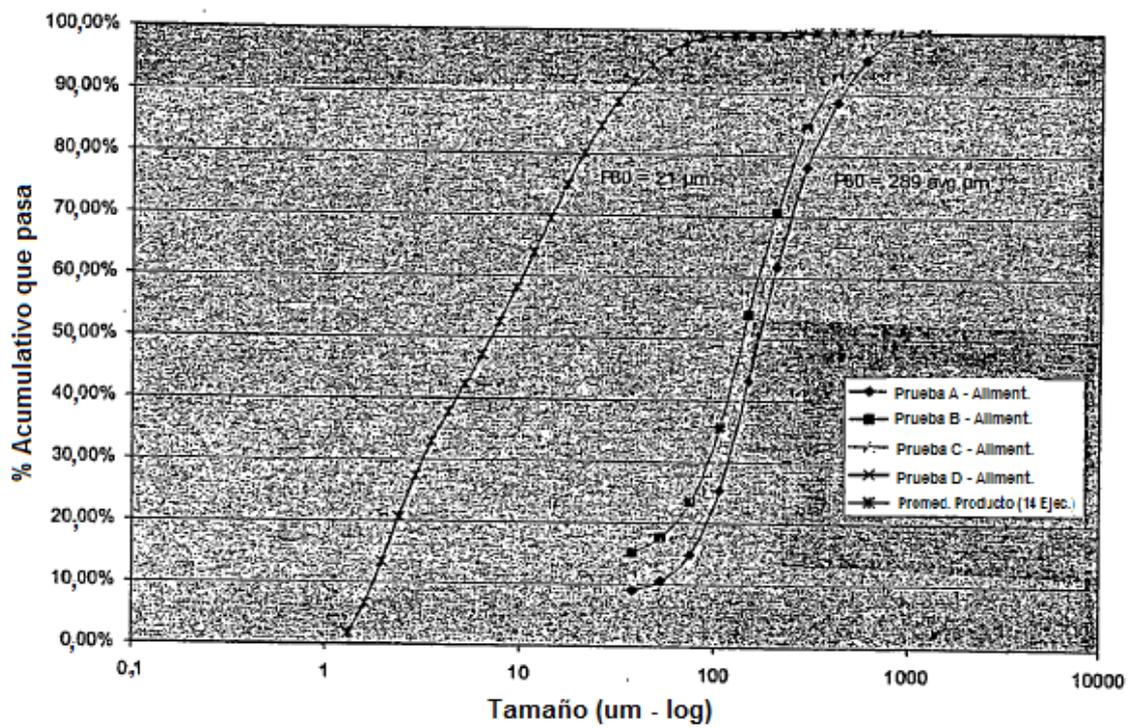


Figura 8