

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 872**

51 Int. Cl.:

B02C 23/10 (2006.01)
B29B 17/02 (2006.01)
B29B 17/04 (2006.01)
B02C 19/18 (2006.01)
B29K 105/00 (2006.01)
B29K 21/00 (2006.01)
B29L 30/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.08.2016** **E 16184107 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2019** **EP 3130404**

54 Título: **Método de fabricación de polvo micronizado**

30 Prioridad:

13.08.2015 US 201514825912

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
26.05.2020

73 Titular/es:

LEHIGH TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
120 Royal Woods Court SW
Tucker, GA 30084, US

72 Inventor/es:

STRAVINSKI, JASON;
COUNTS, KARL y
PETRONI, DAVID

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 762 872 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método de fabricación de polvo micronizado

5 Campo técnico

Los presentes sistemas, métodos y aparatos se refieren en general a la producción de polvo micronizado, y más particularmente a la producción de un rango de tamaño de partícula predeterminado de polvo micronizado partir de materiales de tamaño y composición heterogéneos.

10 Antecedentes

Los polvos micronizados pueden usarse en diversas aplicaciones (por ejemplo, en la industria alimentaria, la industria farmacéutica, la industria del plástico, la industria del caucho, etc.). Sin embargo, los procesos tradicionales para producir polvos micronizados son caros e ineficientes.

Por ejemplo, la eliminación de caucho vulcanizado, en forma de neumáticos usados y otros artículos de caucho/elastómero, representa un problema medioambiental importante. Una solución a ese problema es reciclar el caucho vulcanizado en polvo de caucho micronizado ("MRP"), que luego se puede utilizar en una variedad de aplicaciones, incluso como relleno en nuevas mezclas de caucho (por ejemplo, compuestos de neumáticos para neumáticos de vehículos), formulaciones plásticas (por ejemplo, como cargas para poliolefinas), asfalto, etc. En estas aplicaciones, el MRP se usa en lugar de materiales compuestos vírgenes y comprende partículas de elastómero vulcanizado de pequeño tamaño (por ejemplo, 2 mm o menos de diámetro) que se ajustan a los estándares de la American Society for Testing and Materials (por ejemplo, ASTM D-5603-01, que clasifica los materiales según el tamaño máximo, en tamaños de Malla Estándar de EE. UU., de las partículas que comprenden la composición).

Generalmente, el MRP puede ser producido por molienda criogénica, procesos químicos, y otros métodos. Sin embargo, algunos aspectos de estos procesos tradicionales son caros y, a veces, ineficientes. Además, la aplicación final en la que se utiliza el MRP es determinante del material de alimentación para el proceso, lo que limita los tipos de caucho vulcanizado que pueden reciclarse mediante la producción de MRP.

El documento EP2377664 se refiere a un proceso y un aparato para fabricar caucho en migajas y en polvo. El proceso y el aparato incluyen una etapa de enfriamiento, efectuada por medios de enfriamiento, en la que se controla la temperatura o las partículas de caucho preprocesadas enfriadas criogénicamente. El proceso y el aparato también incluyen una etapa de molienda, efectuada por medios de molienda, en la que se controla el grado de molienda y, por lo tanto, el rango de tamaño de partícula del producto.

40 Breve resumen de la invención

Brevemente descrita, la presente divulgación se refiere en general a sistemas, métodos y aparatos para la fabricación de polvos micronizados. En general, estos sistemas, métodos y aparatos proporcionan polvos micronizados en un rango de tamaño de partícula y composición predecible y predeterminado en concentraciones que permiten la incorporación de los polvos micronizados en otras aplicaciones (por ejemplo, fabricación de neumáticos, fabricación de asfalto, etc.) independientemente del material de alimentación. En una realización de la divulgación, los sistemas, métodos y aparatos comprenden procesamiento previo a la molienda, congelación criogénica, molienda del material de alimentación, calentamiento resultante, eliminación de metales ferrosos y fibras, acumulación, tamizado y almacenamiento de polvos micronizados. En general, el polvo de caucho micronizado ("MRP") se presenta a lo largo de esta descripción solo con fines de ilustración y descripción como un ejemplo de discusión no limitante. Por consiguiente, esta divulgación no pretende ser limitante en cuanto a los tipos de materiales de alimentación que pueden fabricarse en polvos micronizados. Por ejemplo, los plásticos, productos alimenticios, etc. pueden procesarse de acuerdo con los sistemas, métodos y aparatos descritos aquí.

De acuerdo con la invención reivindicada, se proporciona un método de calentamiento de partículas micronizadas criogénicamente molidas después de la molienda, que comprende las etapas de:

- alimentar las partículas micronizadas a un aparato de calentamiento;
- determinar una eficiencia operativa del aparato de calentamiento;
- determinar si la eficiencia operativa del aparato de calentamiento está por debajo de un umbral predefinido; y
- tras determinar que la eficiencia operativa del aparato de calentamiento está por debajo de un umbral predefinido, recircula las partículas micronizadas a través del aparato de calentamiento.

Como se describirá en mayor detalle en el presente documento, los aspectos de los sistemas, métodos y aparatos descritos permite el uso de cualquier caucho/elastómero vulcanizado como material de alimentación, independientemente de los materiales complementarios que se introdujeron en el caucho vulcanizado durante su producción (por ejemplo, placas de acero y materiales fibrosos en neumáticos). Teniendo en cuenta los pesos

relativamente similares entre MRP y materiales fibrosos, eliminar materiales fibrosos de MRP es inherentemente difícil e ineficiente. Por consiguiente, en una realización ejemplar de la divulgación, los sistemas, métodos y aparatos eliminan materiales fibrosos del MRP con un tamiz vibratorio. Generalmente, el movimiento del tamiz vibratorio permite que el MRP pase a través del tamiz mientras retiene el material fibroso en el tamiz. Por lo tanto, el material fibroso se elimina del MRP para aumentar su pureza y homogeneidad.

Más allá de la pureza del MRP, aspectos de los sistemas, métodos y aparatos divulgados permiten que el proceso funcione de manera más eficiente. Por ejemplo, un aparato de calentamiento que se usa en una realización del método de la presente invención utiliza la recirculación de MRP como parte de un bucle derivado integral proporcional (por ejemplo, bucle "PID") para regular mejor la eficiencia operativa del aparato de calentamiento. El mayor contacto del área superficial creado por la reintroducción del MRP en el aparato de calentamiento da como resultado un calentamiento más rápido y efectivo del MRP (por ejemplo, debido a que el mayor contacto entre las partículas del MRP promueve la transferencia de calor entre partículas y el mayor contacto entre las partículas del MRP y el aparato de calentamiento promueve la transferencia de calor del aparato de calentamiento a las partículas). Generalmente, a medida que el aparato de calentamiento funciona de manera más eficiente, la molienda puede ocurrir a una velocidad más rápida y eficiente. Sin embargo, esta velocidad puede ser demasiado rápida para un tamizado eficiente y efectivo del MRP en una línea general de producción/fabricación (por ejemplo, las etapas de molienda deben reducirse o las etapas de tamizado deben acelerarse en los sistemas convencionales para garantizar que no haya acumulaciones en la línea de producción). Por lo tanto, un acumulador (por ejemplo, silo de almacenamiento) implementado de acuerdo con esta divulgación entre los procesos de calentamiento y tamizado puede permitir que la molienda y el tamizado se produzcan a sus respectivas velocidades óptimas al desacoplar el proceso de molienda del proceso de tamizado.

En una realización de la invención reivindicada, se proporciona un método de calentamiento de partículas micronizadas criogénicamente molidas después de la molienda, que comprende las etapas de: alimentar las partículas micronizadas a un aparato de calentamiento; determinar una eficiencia operativa del aparato de calentamiento; determinar si la eficiencia operativa del aparato de calentamiento está por debajo de un umbral predefinido; y al determinar que la eficiencia operativa del aparato de calentamiento está por debajo de un umbral predefinido, recircular las partículas micronizadas a través del aparato de calentamiento.

En una realización de la divulgación, se proporciona un método de eliminación de material fibroso a partir de polvo de caucho micronizado (MRP), que comprende las etapas de: proporcionar una mezcla de MRP y material fibroso a un tamiz vibratorio, donde la mezcla incluye al menos un 0,1 % de material fibroso en masa; operar el tamiz vibratorio durante un período de tiempo predeterminado, por lo que más del 99 % del material fibroso en la mezcla permanece en el tamiz vibratorio y más del 99 % del MRP en la mezcla pasa a través del tamiz vibratorio.

En una realización de la divulgación, se proporciona un método de moler criogénicamente partículas, que comprende las etapas de: moler partículas granuladas refrigeradas en polvo micronizado de amplia distribución de tamaño de partícula; calentar el polvo micronizado; acumular el polvo micronizado calentado dentro de un aparato acumulador; y tamizar el polvo micronizado calentado acumulado en una o más porciones predeterminadas, donde la una o más porciones predeterminadas comprenden un rango predeterminado de tamaños de partícula del polvo micronizado calentado tamizado.

De acuerdo con una realización de la presente invención reivindicada, se proporciona un método de calentamiento de partículas micronizadas criogénicamente molidas después de la molienda, donde la eficiencia operativa es una primera eficiencia operativa y el método comprende además las etapas de: luego de la recirculación de la partículas micronizadas a través del aparato de calentamiento, determinar una segunda eficiencia operativa del aparato de calentamiento; y determinar si la segunda eficiencia operativa del aparato de calentamiento está por debajo o por encima del umbral predefinido. Además, el método puede comprender además la etapa de determinar que la segunda eficiencia operativa del aparato de calentamiento está por debajo del umbral predefinido, recirculando nuevamente las partículas micronizadas a través del aparato de calentamiento. Además, el método puede comprender además la etapa de determinar que la segunda eficiencia operativa del aparato de calentamiento está por encima del umbral predefinido, permitiendo que las partículas micronizadas salgan del aparato de calentamiento. Además, la eficiencia operativa del aparato de calentamiento puede determinarse midiendo el amperaje producido por uno o más motores del aparato de calentamiento. Además, la eficiencia operativa del aparato de calentamiento puede determinarse midiendo una temperatura de las partículas micronizadas en un punto predeterminado en el aparato de calentamiento. Además, la eficiencia operativa del aparato de calentamiento puede determinarse midiendo la capacidad actual del aparato de calentamiento. Además, la eficiencia operativa del aparato de calentamiento puede determinarse midiendo un caudal volumétrico de las partículas micronizadas que salen del aparato de calentamiento. Además, la eficiencia operativa del aparato de calentamiento puede determinarse usando un modelo teórico. Además, las partículas micronizadas molidas criogénicamente pueden comprender polvo de caucho micronizado molido criogénicamente (MRP).

Según un aspecto de la presente divulgación, se proporciona un método de eliminación de material fibroso a partir de polvo micronizado de caucho (MRP), donde el tamiz vibratorio incluye un tamiz de 0,841 mm tamaño de tamiz estándar o 0,707 mm (tamaño de malla 20 o 25) Además, el tamiz vibratorio puede incluir al menos dos tamices de

tamaño de tamiz estándar de 0,841 mm o 0,707 mm (malla de tamaño 20 o 25), por lo que el MRP pasa a través de al menos dos tamices. Además, la cantidad de tiempo predeterminada puede basarse en la cantidad de material fibroso dentro de la mezcla. Además, la cantidad de tiempo predeterminada puede ser mayor o igual a 1 minuto.

5 Según un aspecto de la presente divulgación, se proporciona un método de partículas criogénicamente de molienda, donde el polvo micronizado calentado permanece dentro del aparato de acumulación una cantidad de tiempo predeterminada. Además, la etapa de calentar el polvo micronizado puede comprender además: alimentar el polvo micronizado a un aparato de calentamiento; determinar una eficiencia operativa del aparato de calentamiento; determinar si la eficiencia operativa del aparato de calentamiento está por debajo de un umbral predefinido; y luego
10 de determinar que la eficiencia operativa del aparato de calentamiento está por debajo de un umbral predefinido, recircular el polvo micronizado a través del aparato de calentamiento. Además, la eficiencia operativa puede ser una primera eficiencia operativa y el método puede comprender además las etapas de: luego de la recirculación del polvo micronizado a través del aparato de calentamiento, determinar una segunda eficiencia operativa del aparato de calentamiento; y determinar si la segunda eficiencia operativa del aparato de calentamiento está por debajo o por encima del umbral predefinido. Además, el método puede comprender adicionalmente la etapa de determinar que la
15 segunda eficiencia operativa del aparato de calentamiento está por debajo del umbral predefinido, recirculando nuevamente el polvo micronizado a través del aparato de calentamiento. Además, el método puede comprender adicionalmente la etapa de determinar que la segunda eficiencia operativa del aparato de calentamiento está por encima del umbral predefinido, permitiendo que el polvo micronizado salga del aparato de calentamiento. Además, las partículas granuladas enfriadas pueden comprender partículas de caucho granulado enfriado y el polvo micronizado comprende polvo de caucho micronizado (MRP). Además, el método puede comprender además las etapas de: donde el MRP calentado es parte de una mezcla de MRP y material fibroso, proporcionando una cantidad predeterminada de la mezcla a un tamiz vibratorio, donde la cantidad predeterminada de la mezcla incluye al menos 0,1 % material fibroso en masa; operar el tamiz vibratorio durante un período de tiempo predeterminado, por lo que
20 más o igual al 99 % del material fibroso en masa en la mezcla permanece en el tamiz vibratorio y más o igual al 99 % en masa del MRP en la mezcla pasa a través del tamiz vibratorio.

Estos y otros aspectos, características y ventajas de la invención reivindicada serán evidentes a partir la siguiente descripción detallada escrita de las realizaciones preferidas y aspectos tomadas en conjunción con los siguientes
30 dibujos.

Breve divulgación de los dibujos

Los dibujos adjuntos ilustran una o más realizaciones y/o aspectos de la divulgación y, junto con la descripción escrita, sirven para explicar los principios de la divulgación. Donde es posible, los mismos números de referencia se usan a lo largo de los dibujos para referirse a los mismos elementos o similares de una realización y en los que:

La figura 1 es un diagrama de flujo que muestra un flujo de proceso global ejemplar para producir polvo de caucho micronizado de acuerdo con una realización de la presente divulgación.
40 La figura 2 es una representación esquemática del proceso y los aparatos de molienda posterior de acuerdo con una realización de la presente divulgación.
La figura 3 es una representación esquemática del proceso y aparato de calentamiento usados en una realización de la invención reivindicada.
La figura 4 es un diagrama de flujo que muestra un flujo de proceso de calentamiento ejemplar de acuerdo con una realización de la invención reivindicada.
45

Descripción detallada

Visión general

50 Para el propósito de promover una comprensión de los principios de la presente divulgación, se hará ahora referencia a las realizaciones ilustradas en los dibujos y un lenguaje específico será usado para describir la misma. Sin embargo, se entenderá que no se pretende limitar el ámbito de la divulgación; cualquier alteración y modificaciones adicionales de las realizaciones descritas o ilustradas, y cualquier aplicación adicional de los principios de la divulgación tal como se ilustra en la misma se contemplan como le ocurriría normalmente a un experto en la técnica a la que se refiere la divulgación. Todas las limitaciones de ámbito deben determinarse de acuerdo con y como se expresa en las reivindicaciones.

Los aspectos de la presente divulgación generalmente se refieren a sistemas, métodos y aparatos para fabricar polvos micronizados. En general, los sistemas, métodos y aparatos proporcionan polvos micronizados en un rango de tamaño de partícula y composición predecible y predeterminado en concentraciones que permiten la incorporación de los polvos micronizados en otras aplicaciones (por ejemplo, fabricación de neumáticos, fabricación de asfalto, etc.) independientemente del material de alimentación. En una realización, los sistemas, métodos y aparatos comprenden procesamiento previo a la molienda, congelación criogénica, molienda del material de alimentación, calentamiento resultante, eliminación de metales ferrosos y fibras, acumulación, tamizado y almacenamiento de polvos micronizados. En general, el polvo de caucho micronizado ("MRP") se presenta a lo largo
60
65

de esta descripción solo con fines de ilustración y descripción como un ejemplo de discusión no limitante. Por consiguiente, esta divulgación no pretende ser limitante en cuanto a los tipos de materiales de alimentación que pueden fabricarse en polvos micronizados. Por ejemplo, los plásticos, productos alimenticios, etc. pueden procesarse de acuerdo con los sistemas, métodos y aparatos descritos aquí.

Como se describirá en mayor detalle en el presente documento, los aspectos de los sistemas descritos, métodos y aparatos permite el uso de cualquier caucho/elastómero vulcanizado como material de alimentación, independientemente de los materiales complementarios que se introdujeron en el caucho vulcanizado durante su producción (por ejemplo, placas de acero y materiales fibrosos en neumáticos). Teniendo en cuenta los pesos relativamente similares entre MRP y materiales fibrosos, eliminar materiales fibrosos de MRP es inherentemente difícil e ineficiente. Por consiguiente, en una realización ejemplar de la divulgación, los sistemas, métodos y aparatos eliminan materiales fibrosos del MRP con un tamiz vibratorio. Generalmente, el movimiento del tamiz vibratorio permite que el MRP pase a través del tamiz mientras retiene el material fibroso en el tamiz. Por lo tanto, el material fibroso se elimina del MRP para aumentar su pureza y homogeneidad.

Más allá de la pureza del MRP, aspectos de los sistemas dados a conocer el, métodos y aparatos permiten el proceso para funcionar de manera más eficiente. Por ejemplo, en una realización de la divulgación, un aparato de calentamiento utiliza la recirculación de MRP como parte de un bucle derivado integral proporcional (por ejemplo, bucle "PID") para regular mejor la eficiencia operativa del aparato de calentamiento. El mayor contacto del área superficial creado por la reintroducción del MRP en el aparato de calentamiento da como resultado un calentamiento más rápido y efectivo del MRP (por ejemplo, debido a que el mayor contacto entre las partículas del MRP promueve la transferencia de calor entre partículas y el mayor contacto entre las partículas del MRP y el aparato de calentamiento promueve la transferencia de calor del aparato de calentamiento a las partículas). Generalmente, a medida que el aparato de calentamiento funciona de manera más eficiente, la molienda puede ocurrir a una velocidad más rápida y eficiente. Sin embargo, esta velocidad puede ser demasiado rápida para un tamizado eficiente y efectivo del MRP en una línea general de producción/fabricación (por ejemplo, las etapas de molienda deben reducirse o las etapas de tamizado deben acelerarse en los sistemas convencionales para garantizar que no haya acumulaciones en la línea de producción). Por lo tanto, un acumulador (por ejemplo, silo de almacenamiento) implementado de acuerdo con esta divulgación entre los procesos de calentamiento y tamizado puede permitir que la molienda y el tamizado se produzcan a sus respectivas velocidades óptimas al desacoplar el proceso de molienda del proceso de tamizado.

Realizaciones ejemplares

Con referencia ahora a las figuras, la figura 1 ilustra un diagrama de flujo de un proceso de producción de polvo de caucho micronizado ejemplar 100 ("MRP") de acuerdo con una realización de la presente divulgación. En diversas realizaciones, el proceso 100 convierte, mediante molienda criogénica, un material de alimentación vulcanizado de tamaño y composición heterogéneos (por ejemplo, neumáticos viejos con partículas metálicas y fibrosas) en MRP de tamaño y composición homogéneos (por ejemplo, caucho/elastómero vulcanizado finamente molido), cuyos detalles adicionales se describen en las patentes de EE.UU. n.º 7.445.170 (titulada "Proceso y aparato para fabricar migas y polvo de caucho" y presentada el 17/11/2003); 7.258.288 (titulada "Proceso y aparato para triturar partículas de fitosterol" y presentada el 10/08/2005); 7.108.207 (titulada "Proceso y aparato para triturar partículas de caucho" y presentada el 26/10/2004); 7.093.781 (titulada "Proceso y aparato para fabricar polvo de caucho" y presentada el 26/10/2004); y 5.588.600 (titulada "Proceso y aparato para fabricar migas de caucho a partir de neumáticos de vehículos" y presentada el 06/07/1995). En general, el MRP comprende partículas de elastómero vulcanizado, una porción significativa de las cuales es menor que un tamaño predeterminado (por ejemplo, 100 micras). Como se comprenderá y apreciará adicionalmente, las etapas y procesos mostrados en la figura 1 (y los de todos los otros diagramas de flujo mostrados y descritos aquí) pueden funcionar de manera simultánea y continua, son generalmente asíncronos e independientes, y no se realizan necesariamente en el orden mostrado.

Por consiguiente, en la etapa 102, en diversas realizaciones de la divulgación, el material de alimentación vulcanizado se somete a procesamiento antes de la molienda. Generalmente, el proceso de molienda previa modifica el material de alimentación en un estado que se consume más fácilmente más adelante en el proceso 100. Como entenderá un experto en la técnica, este proceso de molienda previa puede variar dependiendo del material de alimentación. Por ejemplo, en una realización, las piezas grandes de caucho vulcanizado de forma irregular se pueden moler aproximadamente en piezas más pequeñas para que la molienda criogénica posterior se pueda realizar de manera más eficiente. Además, en una realización, el material de alimentación puede procesarse para eliminar algunos materiales extraños, tales como metal (por ejemplo, placas de acero de neumáticos), del material de alimentación que puede ser perjudicial para el molino u otros aparatos utilizados en el proceso de molienda criogénica. Sin embargo, puede ser difícil asegurarse de que todo el metal y la fibra se eliminan del material de alimentación de elastómero previamente molido y, por lo tanto, parte de dicho material extraño generalmente se abre paso en las etapas posteriores del proceso 100. Una vez que se completa el proceso de molienda previa, el material de alimentación generalmente está listo para comenzar la congelación criogénica.

Todavía en referencia a la figura 1, en la etapa 104, de acuerdo con diversas realizaciones de la divulgación, los materiales de alimentación se someten a congelación criogénica, donde la temperatura de los materiales de

alimentación se reduce significativamente. En una realización, la congelación criogénica se realiza mediante la introducción de nitrógeno líquido a los materiales de alimentación a medida que se mueven a través de un recipiente de forma cilíndrica mediante un sinfín giratorio. Como entenderá un experto en la técnica, debido a que el caucho/elastómero es generalmente maleable y fácilmente deformable, la congelación criogénica hace que las partículas sean más frágiles, lo que hace que el molido posterior sea más fácil y más uniforme. Por lo tanto, en la etapa 106, los materiales de alimentación congelados criogénicamente se introducen en un aparato de molienda. Según diversas realizaciones, el aparato de molienda tritura las partículas en MRP. En general, el aparato de molienda, en una realización, puede ser un molino de impacto de forma cónica (versiones de las cuales se describen en las patentes de EE.UU. n.º 7.861.958 (titulada "Molino de impacto de forma cónica" y presentada el 25/06/2008); 7.900.860 (titulada "Molino de impacto de forma cónica" y presentada el 05/04/2007); 8.302.892 (titulada "Molino de impacto de forma cónica" y presentada el 03/03/2011); 8.302.893 (titulada "Molino de impacto de forma cónica" y presentada el 01/03/2011), y 8.132.751 (titulada "Molino de impacto de forma cónica" y presentada el 03/01/2011). En una realización, los materiales de alimentación congelados criogénicamente entran en la parte superior de la parte superior del molino y son arrastrados por gravedad hacia el rotor, que gira a alta velocidad. Por lo tanto, los materiales de alimentación congelados criogénicamente impactan el rotor y rebotan entre el rotor y la carcasa del molino hasta que los materiales de alimentación se rompen en MRP. En diversas realizaciones, el MRP que sale del aparato de molienda comprende varios tamaños (por ejemplo, una distribución de tamaño de partícula amplia con partículas que tienen un tamaño mayor o igual que el tamaño de tamiz estándar 0,297 mm (malla 50) y también menor o igual que el tamaño de tamiz estándar 0,105 mm (malla 140) dentro de la misma composición, una distribución amplia del tamaño de partícula con partículas que tienen generalmente un diámetro de 2 mm o menos, una distribución amplia del tamaño de partícula con partículas que tienen un tamaño mayor o igual al tamaño de tamiz estándar 0,420 mm (40 malla) y también menor o igual que el tamaño de tamiz estándar 0,074 mm (malla 200) dentro de la misma composición, etc.) y permanece a temperaturas criogénicas (por ejemplo, -62 °C (-80 °F) a -73 °C (-100 °F)).

Para calentar el MRP recientemente molido a una temperatura a la que puede producirse el procesamiento posterior a la molienda, el MRP se somete a calentamiento en la etapa 108. En general, los detalles del proceso de calentamiento se entenderán mejor en asociación con las descripciones de las figuras 2 - 4. En diversas realizaciones, el MRP recién molido se seca y/o calienta para evitar la condensación de agua en el MRP cuando alcanza la temperatura ambiente después de la molienda, lo que puede convertir el MRP en un sólido esponjoso en lugar de un polvo. En una realización, el MRP recientemente molido puede recircularse a través de un calentador hasta que alcance una cierta temperatura (por ejemplo, mayor o igual a 27 °C (80 °F), mayor que el punto de rocío, etc.), el calentador alcanza una cierta eficiencia operativa, un cierto caudal (por ejemplo, 2722 kilogramos por hora (6.000 libras por hora)) y/o una cierta capacidad operativa (por ejemplo, 90 %). Por ejemplo, en un ejemplo no limitativo, una sonda de nivel puede no leer con precisión debido a que el MRP se adhiere a la sonda y la temperatura de salida también puede dar como resultado una lectura imprecisa/poco confiable, por lo que el amperaje producido por el motor del calentador puede ser medido para determinar el trabajo actual que realiza el calentador (por ejemplo, eficiencia operativa). Continuando con este ejemplo, si el amperaje está por debajo de un cierto umbral (por ejemplo, en o por debajo de 2,5 amperios), entonces el MRP puede recircularse a través del calentador hasta que el amperaje aumente por encima del umbral. En ese punto, se permitiría al MRP pasar a través de los aparatos de eliminación de fibras y metales ferrosos. En otra realización, se puede usar un modelo teórico para calcular la eficiencia operativa del aparato de calentamiento (por ejemplo, calculando la eficiencia operativa en base a variables conocidas relacionadas con el calentador).

En diversas realizaciones de la descripción, en la etapa 110, metales ferrosos y materiales fibrosos se eliminan del MRP. Como entenderá un experto en la técnica, estos materiales se consideran imperfecciones en el MRP que disminuyen la pureza/calidad del producto terminado. Como se mencionó anteriormente, aunque parte de este material se elimina durante la etapa 102 (procesamiento previo a la molienda), a menudo hay más que se debe eliminar después de las etapas 106 (molienda) y 108 (secado/calentamiento). Por lo tanto, en una realización, el MRP pasa sobre un imán para eliminar el metal ferroso del MRP. Según una realización, el MRP se procesa a través de un tamiz vibratorio para eliminar el material fibroso. En general, los detalles de la eliminación de metales ferrosos y materiales fibrosos se entenderán mejor en asociación con la descripción de la figura 2.

Con referencia todavía a la figura 1, en la etapa 112, el MRP se acumula antes del examen, que se explicará con más detalle en asociación con la descripción de la figura 2. Generalmente, la acumulación permite que la molienda que se produce en la etapa 106 se desacople del tamizado que se produce en la etapa 114. En diversas realizaciones, la velocidad de flujo más eficiente para el material a través del aparato de molienda (etapa 106) puede ser diferente de la velocidad de flujo más eficiente para el material a través del aparato de tamizado (etapa 114). Por lo tanto, en una realización de la divulgación, para operar tanto el aparato de molienda como el aparato de tamizado a sus caudales óptimos, el MRP puede acumularse (por ejemplo, almacenarse, ya sea temporalmente o durante largos periodos de tiempo). De acuerdo con diversas realizaciones de la divulgación, el MRP puede acumularse dentro de un silo, depósito de almacenamiento, tambor, contenedor a granel intermedio flexible (por ejemplo, bolsa a granel), contenedor a granel intermedio, etc.

Después de la acumulación, en diversas realizaciones de la divulgación, el MRP se pasa a un aparato de tamizado en la etapa 114, que se explicará con más detalle en asociación con la descripción de la figura. 2. En general, el

aparato de detección comprende múltiples tamices de diferentes tamaños de malla y clasifica el MRP por tamaño de partícula de modo que el MRP clasificado tiene un tamaño de partícula relativamente uniforme dentro de intervalos estrechos predefinidos.

Una vez tamizado, el MRP puede ser, en diversas realizaciones, almacenados y/o envasados en la etapa 116. Como entenderán los expertos en la materia, el almacenamiento y/o embalaje en la etapa 116 permite que el MRP se use en aplicaciones posteriores (por ejemplo, fabricación de asfalto, fabricación de neumáticos, etc.). En general, el almacenamiento puede ser en bolsas, silos, camiones, etc. Cuando se ha almacenado el MRP, el proceso 100 termina a partir de entonces.

Ahora en referencia a la figura 2, se muestra una representación esquemática 200 del proceso y aparatos posteriores al rectificado de acuerdo con una realización de la presente divulgación. Generalmente, después de la molienda criogénica 106, el MRP se somete a varias etapas de procesamiento para aumentar la pureza y la calidad del MRP. Como apreciará un experto en la técnica, incluso después del procesamiento previo a la molienda, otros materiales que no sean caucho vulcanizado (por ejemplo, fibra, metal, piedra, etc.) todavía pueden estar presentes en el MRP. En consecuencia, por ejemplo, el MRP puede sufrir calentamiento 108, eliminación de metal ferroso y fibra 110, acumulación 112 y tamizado 114. Una vez que se completa el procesamiento posterior a la molienda, el MRP puede mantenerse en el almacenamiento 116 hasta que sea necesario para otra aplicación. Generalmente, en la figura 2, las flechas indican el flujo directo del MRP, a menos que se marque lo contrario (por ejemplo, las flechas que indican desperdicio de metal y fibra).

En diversas realizaciones, el MRP recientemente criogénicamente molido entra, a través de la entrada 202, el aparato de calentamiento 204 (denominado alternativamente en el presente documento como un "aparato de secado" o un "calentador"). Como será reconocido por alguien que tenga una habilidad ordinaria en la técnica, el MRP generalmente todavía está a temperaturas extremadamente bajas (por ejemplo, -62 °C (-80 °F) - -73 °C (-100 °F)) cuando entra al aparato de calentamiento 204. En general, el aparato de calentamiento 204 puede ser cualquier aparato que pueda calentar suficientemente el MRP para evitar que se forme condensación de agua y arruine el MRP convirtiéndolo en una masa esponjosa. En una realización no limitativa, el aparato de calentamiento 204 puede ser un transportador Thomas de 18" x 20" (45,72 cm x 50,8 cm) con una tubería aislada de 2" (5,08 cm) unida a un sistema de transferencia de calor de fluido térmico HEAT, cuyos detalles se pueden obtener del fabricante a través de su sitio web, <http://www.thomasconveyor.com/>. Se entenderá que el modelo mencionado anteriormente es solo un ejemplo de un aparato de calentamiento 204, que puede ser cualquier modelo/tipo que sea adecuado para los fines descritos en el presente documento. En una realización, si el aparato de calentamiento 204 no está funcionando con una eficiencia adecuada, entonces el MRP se procesa a través del aparato de recirculación 206 para recircular el MRP a través del aparato de calentamiento 204 como parte de un circuito PID. El aparato de recirculación 206 se entenderá mejor en asociación con la descripción de las figuras 3 y 4.

Todavía con referencia a la figura 2, si el aparato de calentamiento 204 está funcionando con una eficiencia adecuada, entonces, en una realización de la divulgación, el MRP pasa, a través de la entrada 208 (por ejemplo, un sinfín giratorio, transportador de disco de arrastre, etc.), a un aparato de eliminación de metales 210. Generalmente, el aparato de eliminación de metales 210 elimina cualquier metal que quede en el MRP. En diversas realizaciones, el aparato de eliminación de metales 210 puede ser un imán (por ejemplo, un imán de tambor, etc.). En una realización, el imán está ubicado en una división en una tubería por la que cae el MRP. En consecuencia, en esa realización, el imán tira del metal a través de la división en la tubería mientras el MRP continúa cayendo a través de la tubería. En otra realización, el aparato de eliminación de metales 210 es un portaobjetos de forma convexa con nervios en su superficie que corre paralelo al flujo de MRP que está diseñado para extender el MRP en una capa delgada a medida que el MRP se desliza por su superficie convexa (por ejemplo, a medida que se desliza desde la entrada 208 al imán de tambor 210), lo que aumenta el área de superficie del MRP que pasa sobre el imán de tambor, mejorando así la eficiencia del aparato de eliminación de metales 210. En esa realización, al final de la diapositiva hay un imán de tambor giratorio que, a medida que la delgada capa de MRP pasa sobre él, elimina cualquier metal que quede en el MRP y permite que el MRP lo atravesase (por ejemplo, el metal se adhiere a la superficie giratoria del imán del tambor y se extrae del flujo de MRP mientras el MRP pasa sobre la superficie giratoria del imán del tambor). Por lo tanto, en estas realizaciones, el metal se elimina del MRP para que solo queden materiales no ferrosos.

Para eliminar materiales de caucho no ferrosos y no vulcanizados que permanecen en el MRP, en diversas realizaciones de la divulgación, el MRP entra, a través de la entrada 212 (por ejemplo, una barrena giratoria, transportador de disco de arrastre, etc.), un aparato de eliminación de material fibroso 214. Generalmente, el aparato de eliminación de material fibroso 214 elimina cualquier material de caucho no ferroso y no vulcanizado que permanezca en el MRP (por ejemplo, materiales fibrosos, etc.). En diversas realizaciones, el aparato de eliminación de material fibroso 214 puede ser un tamiz vibratorio con uno o más tamices de diferentes tamaños de malla (por ejemplo, un tamiz vibratorio Midwestern® ME60S8-8-6XP, cuyos detalles se pueden obtener del fabricante a través de su sitio web, <https://midwestemind.com/>). Se entenderá que el modelo mencionado anteriormente es solo un ejemplo de un aparato de eliminación de material fibroso 214, que puede ser cualquier modelo/tipo que sea adecuado para los fines descritos en el presente documento). En una realización, el tamiz vibratorio comprende un tamiz de malla de un tamaño que permite que el MRP pase a través del tamiz de malla, pero atrapa el material

fibroso en el tamiz de malla (por ejemplo, tamaño de tamiz estándar 0,841 mm (malla 20), tamaño de tamiz estándar 0,707 mm (malla 25), etc.). En esa realización, el tamiz vibratorio funciona a una velocidad (por ejemplo, 2722 kilogramos por hora (6.000 libras por hora)) que es suficiente para hacer rebotar el MRP hacia arriba y hacia abajo en el tamiz, pero no es suficiente para hacer rebotar completamente el material fibroso hacia arriba y hacia abajo (por ejemplo, para que el MRP pase al menos 1 minuto en el tamiz). Generalmente, debido a que el material fibroso tiene una forma alargada, como una cuerda, es más largo que el MRP y no rebota tan alto como el MRP, no alcanzará una orientación que le permita pasar a través del tamiz de malla. En otra realización, el tamiz vibratorio comprende dos tamices de malla de diferentes tamaños que permiten que el MRP pase a través de los tamices de malla, pero atrapen el material fibroso en los tamices de malla (por ejemplo, el primer tamiz es un tamiz estándar de 0,841 mm (malla 20) y el segundo tamiz tiene un tamaño de tamiz estándar de 0,707 mm (malla 25, etc.). En otra realización más, el tamiz vibratorio comprende dos tamices de malla del mismo tamaño que permiten que el MRP pase a través de los tamices de malla, pero atrapen el material fibroso en los tamices de malla (por ejemplo, el primer y el segundo tamiz tienen un tamaño de tamiz estándar de 0,841 mm (malla 20), etc.).

Con referencia todavía a la figura 2, una vez que se ha eliminado el material fibroso del MRP, en diversas realizaciones de la descripción, el MRP entra, a través de la entrada 216 (por ejemplo, un sinfín giratorio, transportador de disco de arrastre, etc.), un aparato de acumulación 218. Generalmente, el aparato de acumulación 218 desacopla la molienda criogénica 106 del tamizado 114. En diversas realizaciones, el caudal más eficiente para el material a través del aparato de molienda es diferente del caudal más eficiente para el material a través del aparato de tamizado (por ejemplo, el caudal óptimo del aparato de molienda es más rápido que el caudal óptimo del aparato de tamizado). En general, el aparato de recirculación 206 permite que el aparato de calentamiento 204 funcione a su eficiencia óptima (por ejemplo, la velocidad de flujo más eficiente), lo que permite que la molienda criogénica tenga lugar a su velocidad de flujo óptima (por ejemplo, la más eficiente). En particular, se puede mantener más o menos MRP y recircular a través del calentador dependiendo del flujo general. Por lo tanto, en una realización, para operar tanto el aparato de molienda como el aparato de tamizado a sus caudales óptimos, el MRP puede acumularse para evitar ineficiencias. De acuerdo con diversas realizaciones, el MRP puede acumularse dentro de un silo, depósito de almacenamiento, tambor, contenedor a granel intermedio flexible (por ejemplo, bolsa a granel), contenedor a granel intermedio, etc. En diversas realizaciones, la duración del tiempo que el MRP pasa en el aparato de acumulación 218 depende de la diferencia en los caudales óptimos para la molienda criogénica 106 y el tamizado 114.

Una vez que el MRP ha acumulado durante una duración suficiente de tiempo, en diversas realizaciones de la divulgación, el MRP entra, a través de la entrada 220 (por ejemplo, una barrena giratoria, transportador de disco de arrastre, etc.), un aparato de tamizado 222. Generalmente, el aparato de tamizado 222 es un aparato que separa el MRP en intervalos específicos de acuerdo con el tamaño de partícula. En diversas realizaciones, el aparato de tamizado 222 contiene varios tamices de malla apilados una encima de otra con un tamaño de malla que aumenta de arriba hacia abajo de modo que a medida que las partículas caen a través del aparato de tamizado 222, las partículas más grandes permanecen en el tamiz superior y las partículas más pequeñas pasan a través del tamiz inferior. Como apreciará un experto en la materia, a medida que aumenta el número de malla, el tamaño de la abertura dentro de la malla disminuye (generalmente, el tamaño de la malla es el número de aberturas dentro de los 2,54 cm (una pulgada lineal) del tamiz; por ejemplo, 40 la malla tiene 40 aberturas en 2,54 cm (una pulgada lineal)). Por lo tanto, en una realización ejemplar, el primer tamiz de malla atrapa el MRP 224 de mayor tamaño (por ejemplo, tamaño de partícula mayor o igual que el tamaño de tamiz estándar 0,420 mm (tamaño de malla 40)) y permite que se pase al almacenamiento 116. En esa realización ejemplar, el siguiente tamiz de malla atrapa el segundo MRP 226 de mayor tamaño (por ejemplo, tamaño de partícula mayor o igual que el tamaño de tamiz estándar de 0,177 mm (tamaño de malla 80)) y permite que se pase al almacenamiento 116. De forma similar, en esa realización ejemplar, los terceros tamices de malla atrapan el tercer MRP 228 de mayor tamaño (por ejemplo, tamaño de partícula mayor o igual que el tamaño de tamiz estándar de 0,105 mm (tamaño de malla 140)) y permite que se pase al almacenamiento 116. Por lo tanto, el MRP 230 restante que se pasa al almacenamiento 116 es del tamaño de partícula más pequeño (por ejemplo, tamaño de partícula inferior al tamaño de tamiz estándar de 0,105 mm (tamaño de malla 140)). Lo anterior es un ejemplo no limitativo; como apreciará un experto en la técnica, el número y el tamaño de los tamices de malla pueden variar en función de los resultados deseados (por ejemplo, tamaños de malla de 10 a 500 y tan solo de 1 tamiz a más de 10 tamices). Para comprender mejor los procesos y aparatos posteriores al rectificado, a continuación, se describe una representación esquemática del proceso y aparato de calentamiento.

Con referencia ahora a la figura 3, se muestra una representación esquemática 300 del proceso y aparato de calentamiento 204 usados en una realización de la invención reivindicada. Generalmente, el proceso de calentamiento (denominado alternativamente en el presente documento como el proceso de secado o calentamiento/secado 108) ocurre inmediatamente después de la molienda criogénica 106 para elevar la temperatura del MRP rápidamente para evitar la condensación de agua en el MRP. Si se permite que el agua se condense en el MRP, convertirá el MRP en una masa esponjosa. Generalmente, en la figura 3, las flechas indican la dirección del flujo del MRP.

En diversas realizaciones, el MRP recientemente molido criogénicamente entra, a través de la entrada 202, al aparato de calentamiento 204 (denominado alternativamente en el presente documento como un "aparato de

secado" o un "calentador"). Como reconocerá un experto en la técnica, el MRP todavía está a temperaturas extremadamente bajas cuando entra en el aparato de calentamiento 204. Por lo tanto, en diversas realizaciones, el MRP se procesa a través del aparato de calentamiento 204 para calentar rápidamente el MRP. En una realización, el MRP es arrastrado a través del aparato de calentamiento 204 por un sinfín giratorio 302. El sinfín 302 puede funcionar a diferentes velocidades en función de factores tales como la capacidad del aparato de calentamiento 204, la duración de tiempo deseada que el MRP debe pasar en el aparato de calentamiento 204, el volumen del MRP en el aparato de calentamiento 204, etc.

Una vez que el MRP ha pasado por el aparato de calentamiento 204 por primera vez, en diversas realizaciones, ingresa a una salida 304 y es transportado por otro sinfín giratorio 306 (o, por ejemplo, un transportador de disco de arrastre) en un ángulo ascendente a una tubería de recirculación 308. Generalmente, el tubo de recirculación 308 es parte de un aparato de recirculación 206 que puede recircular el MRP a través del aparato de calentamiento 204 si el aparato no está funcionando a su eficiencia óptima (por ejemplo, como parte de un circuito PID que intenta mantener el aparato de calentamiento 204 funcionando a su eficiencia operativa óptima). En diversas realizaciones, el aparato de recirculación 206 permite que el aparato de calentamiento 204 funcione a su eficiencia óptima independientemente del caudal del aparato de molienda (por ejemplo, el aparato de molienda no tiene que ser frenado para permitir que el aparato de calentamiento 204 funcione eficientemente). En una realización, el MRP cae a través del tubo de recirculación 308 y pasa una división 310 en el tubo de recirculación 308 que ramifica el tubo de recirculación 308 en una salida 312 y un tubo de acumulación 314. La división 310 está orientada de manera que el MRP cae naturalmente por el tubo de recirculación 308 en el tubo de acumulación 314. Por lo tanto, el MRP generalmente no entra en la salida 312 a menos que el MRP se haya acumulado a tal nivel en el tubo de acumulación 314 que el tubo de acumulación 314 se haya bloqueado.

Todavía en referencia a la figura 3, para controlar el nivel de acumulación en el tubo de acumulación 314, en una realización, el tubo de acumulación 314 está conectado a un tubo de reintroducción 316 que contiene un sinfín giratorio 318 (o, por ejemplo, un transportador de disco de arrastre). Generalmente, el tubo de reintroducción 316 está conectado a la primera mitad del aparato de calentamiento 204 y puede permitir la reintroducción del MRP nuevamente dentro del aparato de calentamiento 204. Si el aparato de calentamiento 204 no está funcionando a su eficiencia óptima, entonces, en diversas realizaciones, el sinfín 318 funciona para empujar el MRP fuera del tubo de acumulación 314 y recircularlo nuevamente dentro del aparato de calentamiento 204. Una vez que el aparato de calentamiento 204 comienza a funcionar a su eficiencia y/o volúmenes óptimos, en diversas realizaciones, el sinfín 318 se ralentiza para que el MRP comience a acumularse en el tubo de acumulación 314 y entre en la salida 312. Generalmente, como parte de un circuito PID, la velocidad del sinfín 318 puede aumentarse o disminuirse para cambiar la velocidad de recirculación del MRP, que aumenta y disminuye de manera similar la eficiencia operativa del aparato de calentamiento 204. Como apreciará un experto en la materia, un bucle PID se basa en una variable de proceso medida para mantener un proceso alrededor de un punto de ajuste deseado. Generalmente, el bucle PID alternará entre aumentar el proceso, en función de la variable, hasta que esté por encima del punto de ajuste y disminuir el proceso, en función de la variable, hasta que esté por debajo del punto de ajuste. En consecuencia, el proceso oscilará alrededor del punto de ajuste. Para comprender mejor el proceso y el aparato de calentamiento, puede ser útil una explicación del flujo del proceso de calentamiento.

Ahora en referencia a la figura 4, se ilustra un diagrama de flujo de un ejemplo de proceso de calentamiento 400 de acuerdo con una realización de la invención reivindicada. Generalmente, el proceso de calentamiento 400 mostrado se produce como parte del calentamiento 108 y puede ocurrir en el aparato de calentamiento 204 y el aparato de recirculación 206 (se pueden encontrar más detalles en la representación esquemática 300).

En la etapa 402, en diversas realizaciones, MRP criogénicamente molido se proporciona al aparato de calentamiento. De acuerdo con diversas realizaciones, a medida que el MRP circula a través del aparato de calentamiento, se determina una eficiencia operativa actual del aparato de calentamiento en la etapa 404. En general, la eficiencia operativa puede determinarse de varias maneras. Por ejemplo, el amperaje del motor del aparato de calentamiento (por ejemplo, culombios por segundo, que indica la cantidad de trabajo que realiza el motor, con el amperaje aumentando a medida que aumenta la profundidad de la capa dentro del aparato de calentamiento), la temperatura del MRP cuando sale del aparato de calentamiento, la cantidad actual de MRP (por ejemplo, capacidad) dentro del aparato de calentamiento, el caudal volumétrico del MRP cuando sale del aparato de calentamiento (por ejemplo, el flujo de volumen a través de una superficie por unidad de tiempo), etc. pueden medirse. En otra realización, se puede usar un modelo teórico para calcular la eficiencia operativa del aparato de calentamiento (por ejemplo, calculando la eficiencia operativa del aparato de calentamiento en base a variables conocidas relacionadas con el proceso de calentamiento 400). Como apreciará un experto en la técnica, cualquier medida que proporcione información sobre la eficiencia operativa del aparato de calentamiento puede usarse como parte de la etapa 404.

Una vez se ha determinado la eficacia de funcionamiento actual, en diversas realizaciones, se compara a un nivel predeterminado para la eficacia de funcionamiento del aparato de calentamiento en la etapa 406 (por ejemplo, 2,5 amperios, 27 °C (80 ° F), 90 %, 2721 kilogramos por hora (6.000 libras por hora), etc.). De acuerdo con una realización, si la eficiencia operativa está por debajo del nivel predeterminado, entonces, en la etapa 408, el MRP se recircula a través del aparato de calentamiento (por ejemplo, a través del aparato de recirculación 206, cuyos

detalles adicionales se pueden encontrar en la representación esquemática 300). Como se le ocurrirá a un experto en la técnica, aumentar la cantidad de MRP dentro del aparato de calentamiento a menudo mejora su eficiencia operativa debido a la mayor agitación de las partículas dentro del aparato de calentamiento que aumenta la transferencia de calor entre las partículas de MRP (por ejemplo, el MRP más cálido entra en contacto con mayor frecuencia con el MRP más frío, que transfiere el calor del MRP cálido al MRP frío y entre las partículas de MRP y el aparato de calentamiento (por ejemplo, el MRP más frío entra en contacto con mayor frecuencia con el interior más caliente lados del aparato de calentamiento y el sinfín, que transfiere el calor del aparato de calentamiento al MRP). Generalmente, cuando el aparato de calentamiento está operando por debajo del nivel predeterminado, no hay suficiente agitación de las partículas dentro del aparato de calentamiento para transferir eficientemente el calor del aparato de calentamiento al MRP.

En una realización, una segunda eficiencia de funcionamiento actual del aparato de calentamiento se calcula entonces en la etapa 410 para determinar la eficacia de funcionamiento del aparato de calentamiento después de la reintroducción del MRP. Como le ocurrirá a un experto en la materia, la segunda eficiencia operativa actual del aparato de calentamiento puede calcularse de la misma manera o de manera diferente a la manera en que se calculó la primera eficiencia operativa actual en la etapa 404. Generalmente, en la etapa 412, la segunda eficiencia operativa actual se compara con el nivel predeterminado para la eficiencia operativa del aparato de calentamiento, que, en una realización, es el mismo que el nivel predeterminado de la etapa 406 pero, en una realización, puede ser un nivel predeterminado diferente. Por ejemplo, en una realización no limitante, el bucle PID puede tener un punto de ajuste máximo (por ejemplo, 32 °C (90 °F)), en el cual el aparato de recirculación 206 se apaga, de modo que el aparato de recirculación 206 opera en una manera energéticamente eficiente.

Si la segunda eficiencia operativa está por debajo del nivel predeterminado, entonces, en una realización, el proceso de calentamiento vuelve a la etapa 408. Sin embargo, si la eficiencia operativa está por encima del nivel predeterminado (ya sea como se determinó en la etapa 406 o la etapa 412), entonces, en diversas realizaciones, se permite que el MRP pase a la siguiente etapa del proceso posterior a la molienda en la etapa 414, y el proceso de calentamiento termina a partir de entonces.

La descripción anterior de los ejemplos de realización se ha presentado solamente para los fines de ilustración y descripción y no pretende ser exhaustiva o limitar la invención a las formas precisas descritas. Muchas modificaciones y variaciones de la invención son posibles a la luz de las enseñanzas anteriores.

Las realizaciones se eligieron y describieron con el fin de explicar los principios de la invención y su aplicación práctica a fin de permitir que otros expertos en la técnica utilicen la invención y sus diversas realizaciones y con diversas modificaciones que sean adecuadas para el uso particular contemplado. Por consiguiente, el ámbito de la presente invención está definido por las reivindicaciones adjuntas más que por la descripción anterior y las realizaciones ejemplares descritas en la misma.

REIVINDICACIONES

1. Un método para calentar partículas micronizadas molidas criogénicamente después de la molienda, que comprende la etapa de:
5 alimentar las partículas micronizadas a un aparato de calentamiento (204);
 caracterizado por las etapas de:
 determinar una eficiencia operativa del aparato de calentamiento (204);
10 determinar si la eficiencia operativa del aparato de calentamiento (204) está por debajo de un umbral predefinido; y
 una vez que se determina que la eficiencia operativa del aparato de calentamiento (204) está por debajo de un umbral predefinido, recircular las partículas micronizadas a través del aparato de calentamiento (204).
- 15 2. El método de la reivindicación 1, donde la eficiencia operativa es una primera eficiencia operativa y el método comprende además las etapas de:
 tras la recirculación de las partículas micronizadas a través del aparato de calentamiento (204), determinar una segunda eficiencia operativa del aparato de calentamiento (204); y
20 determinar si la segunda eficiencia operativa del aparato de calentamiento (204) está por debajo o por encima del umbral predefinido.
3. El método de la reivindicación 2, que comprende además la etapa de determinar que la segunda eficiencia operativa del aparato de calentamiento (204) está por debajo del umbral predefinido, recirculando nuevamente las partículas micronizadas a través del aparato de calentamiento (204).
25
4. El método de las reivindicaciones 2 o 3, que comprende además la etapa de determinar que la segunda eficiencia operativa del aparato de calentamiento está por encima del umbral predefinido, permitiendo que las partículas micronizadas salgan del aparato de calentamiento (204).
30
5. El método de cualquier reivindicación anterior, donde la eficiencia operativa del aparato de calentamiento (204) se determina midiendo el amperaje producido por uno o más motores del aparato de calentamiento (204).
6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde la eficiencia operativa del aparato de calentamiento (204) se determina midiendo la temperatura de las partículas micronizadas en un punto predeterminado en el aparato de calentamiento (204).
35
7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde la eficiencia operativa del aparato de calentamiento (204) se determina midiendo una capacidad de corriente del aparato de calentamiento (204).
40
8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde la eficiencia operativa del aparato de calentamiento (204) se determina midiendo un caudal volumétrico de las partículas micronizadas que salen del aparato de calentamiento (204).
45
9. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde la eficiencia operativa del aparato de calentamiento (204) se determina usando un modelo teórico.
10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde las partículas micronizadas molidas criogénicamente comprenden polvo de caucho micronizado molido criogénicamente (MRP).
50

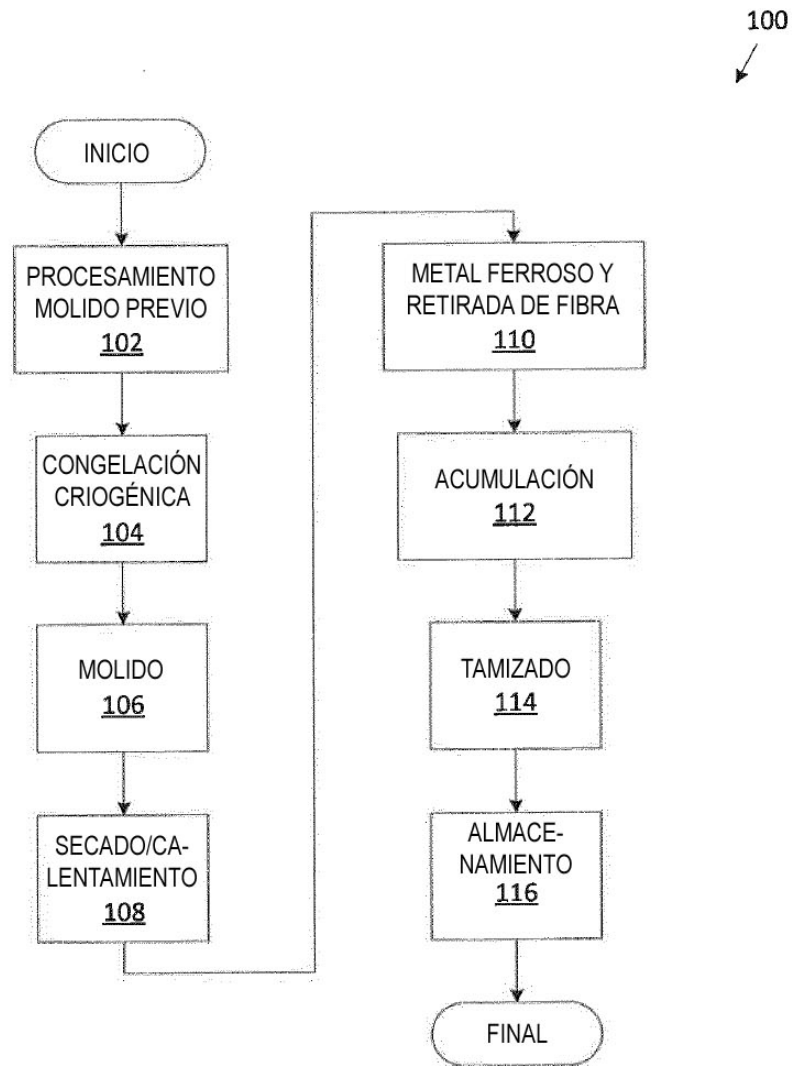


FIG. 1: FLUJO DE PROCESO EJEMPLAR

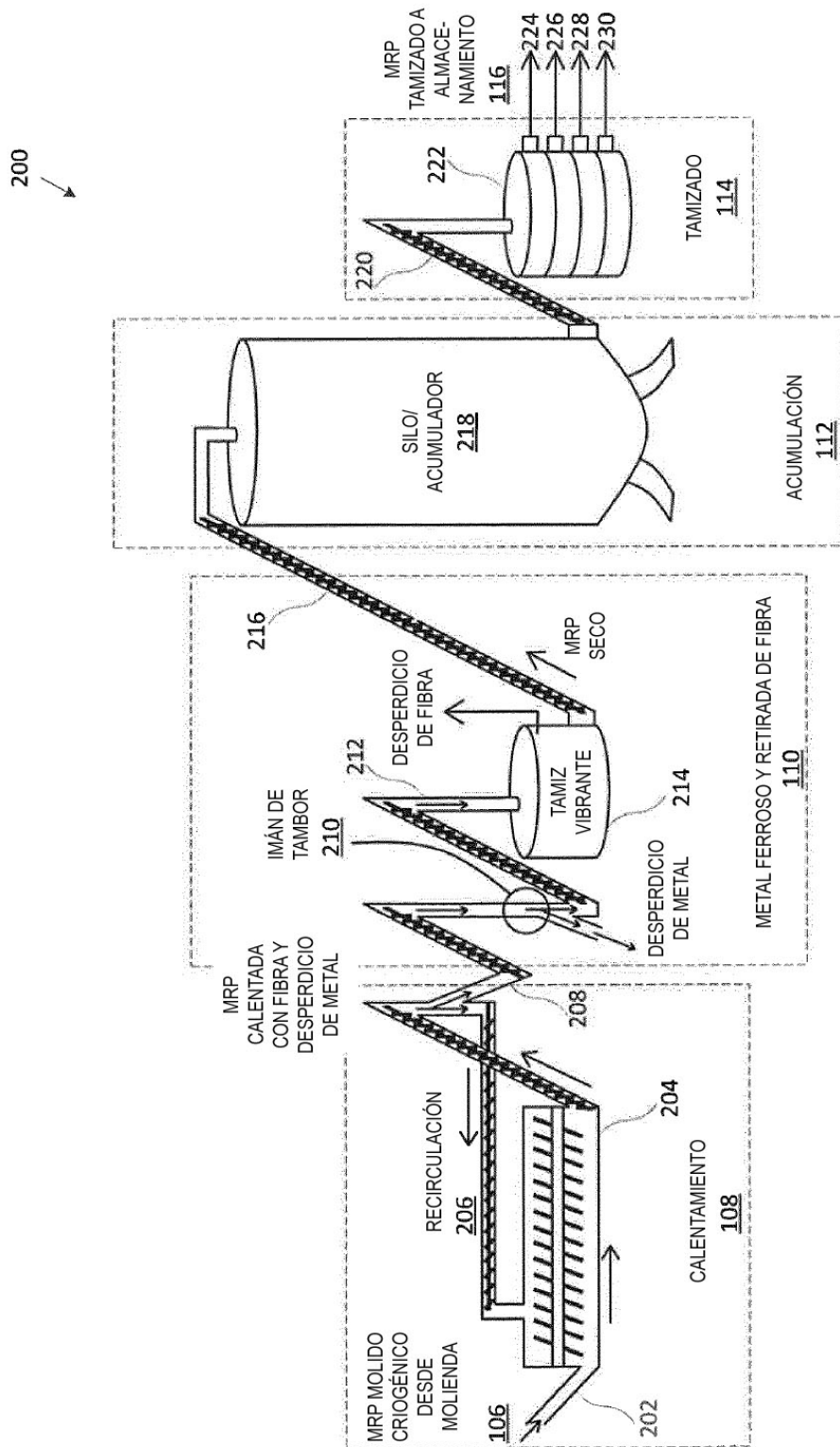


FIG. 2: PROCESO Y APARATOS DE MOLIENDA POSTERIOR EJEMPLARES

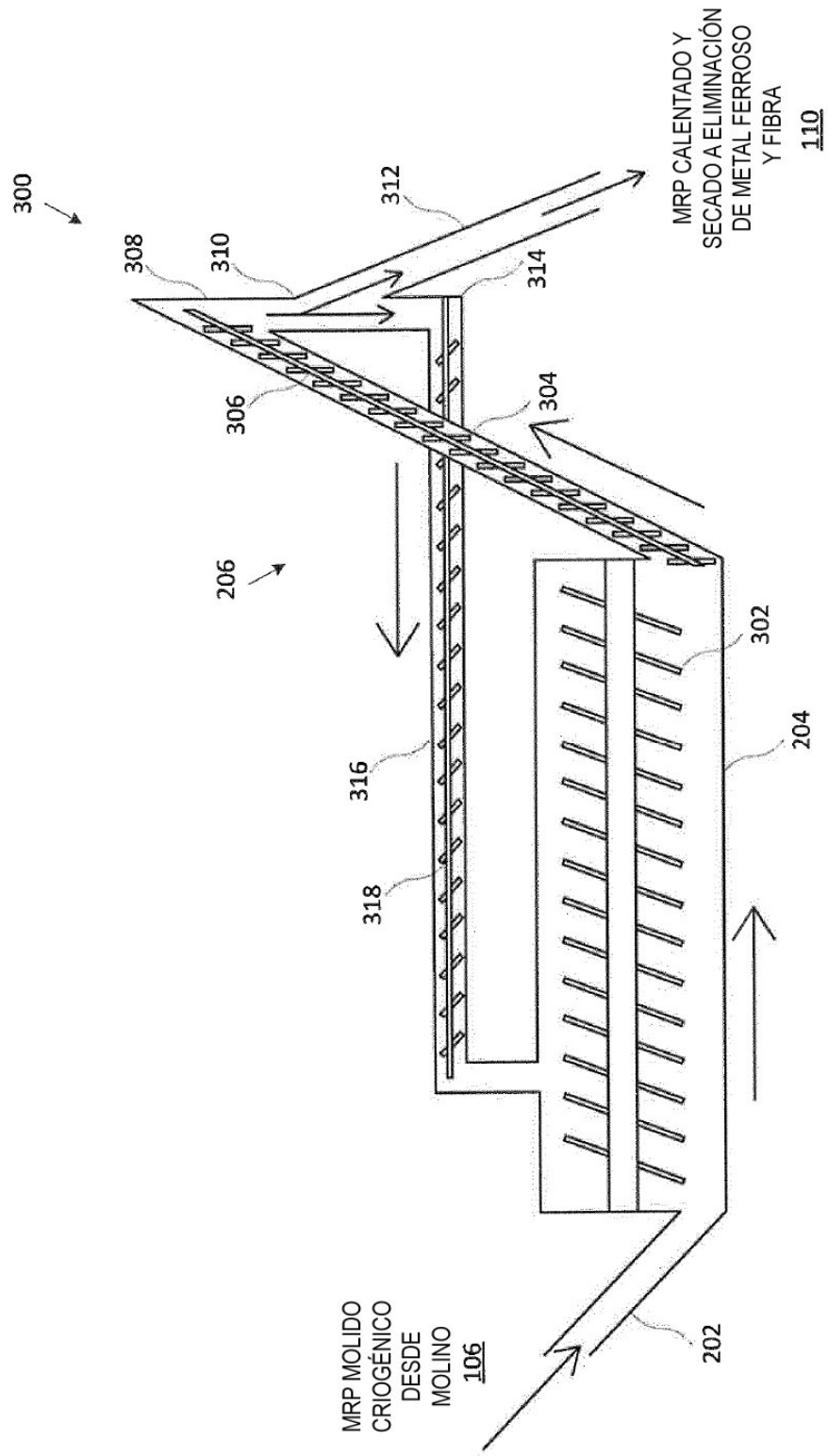


FIG. 3: PROCESO Y APARATO DE CALENTAMIENTO EJEMPLAR

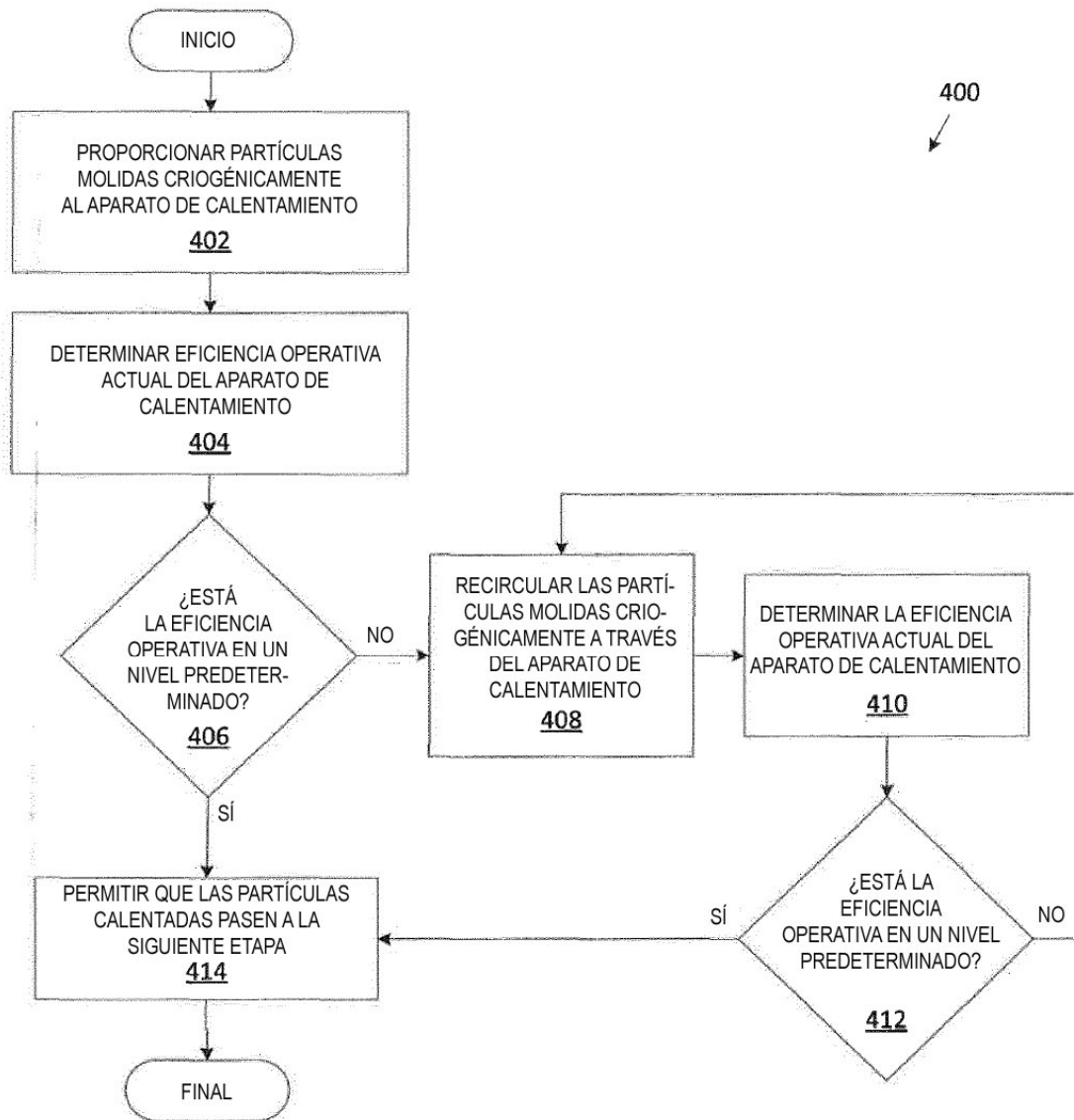


FIG. 4: FLUJO DE PROCESO DE CALENTAMIENTO EJEMPLAR