



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 356 073**

51 Int. Cl.:

**B01D 1/00** (2006.01)

**B03B 5/34** (2006.01)

**B03B 5/44** (2006.01)

**B29B 17/02** (2006.01)

**B03C 7/00** (2006.01)

**B29C 47/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03765926 .5**

96 Fecha de presentación : **22.07.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1558352**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.08.2005**

54

Título: **Control de tamaño de partícula medio en separaciones de medio denso en suspensiones.**

30

Prioridad: **22.07.2002 US 397808 P**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**04.04.2011**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**04.04.2011**

73

Titular/es: **MBA POLYMERS, Inc.**  
**500 West Ohio Avenue**  
**Richmond, California 94804, US**

72

Inventor/es: **Allen III, Laurence, E.**

74

Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 356 073 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

Control de tamaño de partícula medio en separaciones de medio denso en suspensiones.

## CAMPO TÉCNICO

Esta invención se relaciona con separaciones de material y con el reciclaje de plásticos.

## 5 ANTECEDENTE

El problema de separar diferentes materiales poliméricos de cada uno es el primer obstáculo para el reciclaje económico de materiales poliméricos de bienes durables. Actualmente existen tres técnicas de separación principales: de tipo manual, de tipo con base óptica/espectroscópica, y de tipo mecánico con base en principios diferentes en la densidad de material. De tipo manual es el trabajo intensivo y la prohibición de costos en la mayoría de casos. Las técnicas de tipo con base óptica, que incluye fluorescencia ultravioleta, infrarroja cercana, visible y de rayos X, tiene muchas aplicaciones, y estos sistemas ciertamente jugarán un papel en el reciclaje futuro de plantas como se describe, por ejemplo, en la Solicitud Internacional comúnmente asignada WO 03/086733A1, presentada en Abril 14, 2003. Sin embargo, hoy en día no se encuentra disponible el sistema que es ampliamente aplicable a los materiales poliméricos que contienen rellenos, pinturas, recubrimientos, y otros contaminantes. Los sistemas de tipo mecánico tienen la ventaja de diferencias en la propiedad física entre los materiales que los segregan. La propiedad física más común que explotan estas técnicas es una diferencia en la densidad del material.

Un proceso para separar partículas de recubrimiento mediante velocidades de ajuste de partícula en una suspensión se describe en la US-A-5 794 791.

El tipo de densidad se utiliza para mejorar una variedad de materias prima que incluye plásticos mezclados, metales de mezcla y carbón. Es frecuentemente necesario desarrollar estas separaciones en un fluido con una densidad mayor que la del agua. La densidad de un fluido se puede incrementar al agregar un material sólido (que se denominará como "medio",) al fluido para crear una suspensión. Se agregan frecuentemente magnetita, dióxido de titanio, arena, ferrosilicato u otros materiales al agua para ajustar la densidad hacia arriba de tal manera que el material con una densidad tan alta como 2.6 g/cc o mayor se puede hacer para flotar. Las separaciones que hacen uso de tal medio en forma de suspensión se denominará como "separaciones de medio denso con forma de suspensión".

un hidrociclón u otro dispositivo de separación de densidad se pueden utilizar para separar materiales mediante densidad. Algunos dispositivos de separación de densidad introducen líquido y partículas que se separan (partículas de mezcla) en un dispositivo cilíndrico o cónico. –Se crea un vórtice dentro del dispositivo originado las partículas que son más densas que el líquido se reportan en el fondo del dispositivo (el subdesbordamiento) y las partículas que son menos densas que el líquido se reportan en la parte superior del dispositivo (el desbordamiento). Cuando se utiliza un fluido de separación que es una suspensión de materiales de mineral denso en agua, la suspensión puede ser inestable y se somete a sedimentación. Las partículas medias utilizadas para incrementar la densidad del fluido deben ser suficientemente pequeñas ya que ellas no se sedimentarán tan rápidamente como las partículas de la mezcla a ser separada. Por ejemplo, si se utiliza magnetita como un medio, el tamaño de partícula puede ser típicamente menor que 200 micras para asegurar que la magnetita no se decante tan rápidamente ya que el fluido no se comporta como un fluido denso. Un número de dispositivos de separación de densidad se describen en la Patente Estadounidense comúnmente asignada No. 6,238,579.

En adición a las mezclas de separación de las partículas, se pueden utilizar hidrociclones para deshidratar sólidos y clasificar sólidos mediante el tamaño. La FIGURA 1 ilustra la configuración de un hidrociclón 100 típica. El tamaño de partícula del sólido del que un hidrociclón es capaz de recuperarse desde una suspensión se determina mediante una combinación de variables, que incluye el diámetro de ciclón 110, el área de entrada 120, el diámetro del buscador de vórtice 130, la altura de la sección de clasificación 140, el índice de flujo de carga en el ciclón, la densidad de las partículas sólidas en la suspensión y la densidad del fluido de separación.

## 45 RESUMEN

La invención proporciona técnicas para mejorar el desarrollo de separación de densidad al utilizar medio denso en forma de suspensión que tiene una distribución de tamaño de partícula controlada. La distribución del tamaño de partícula se controla al clasificar el medio de suspensión para remover los finos que están generalmente bajo un tamaño específico, y para remover partículas ásperas que están sobre un tamaño específico – que es, la porción de la suspensión que se concentra en el subdesbordamiento del dispositivo de separación. El tamaño de las partículas medias se concentra en los cambios de subdesbordamiento con diferentes circuitos de separación. Estas clasificaciones se pueden repetir para incrementar la remoción general de las partículas finas o gruesas.

En general, en un aspecto, la invención caracteriza un método para separar una mezcla de acuerdo con la reivindicación 1. Se proporciona una suspensión, que incluye un líquido de separación y uno o más materiales de medio particulado. Una separación de clasificación se desarrolla en la suspensión para producir un medio clasificado que tiene una distribución de tamaño de partícula controlada de los materiales de medio particulado. El medio

clasificado se combina con una mezcla a ser separada para generar una mezcla de separación. Una separación de densidad se desarrolla en la mezcla de separación.

Las implementaciones particulares pueden incluir una o más de las siguientes características. El medio clasificado se puede regenerar después de desarrollar una o más separaciones de densidad. La separación de clasificación puede incluir separar una fracción áspera y una fracción fina de la suspensión. La fracción áspera y/o la fracción fina se pueden determinar mediante los parámetros del sistema de separación. Una fracción áspera se puede agregar en la suspensión antes de una primera separación de densidad. Las múltiples separaciones de densidad se pueden desarrollar en la suspensión o la mezcla de separación utilizando uno o más separadores de hidrociclón, uno o más separadores de vórtice cilíndrico, o una combinación de hidrociclón y separadores de vórtice cilíndrico. El medio puede incluir magnetita, dióxido de titanio, arena o ferrosilicato. La mezcla a ser separada puede incluir materiales plásticos. El medio puede ser magnetita, y la distribución del tamaño de partícula de una suspensión clasificada puede ser de aproximadamente 5 a 30 micras o 5 a 25 micras. El sistema para la separación puede incluir un primer separador de densidad, un segundo separador de densidad, un tercer separador de densidad y un detector de deshidratación. El detector de desagüe se puede acoplar al segundo separador de densidad para extraer un líquido. El segundo separador de densidad se puede cargar mediante el primer separador de densidad. El tercer separador de densidad se puede cargar mediante el primer separador de densidad así como también con el líquido extraído. El medio de suspensión puede incluir uno o más materiales que tienen una distribución de tamaño entre dos umbrales de tamaño de partícula. Los umbrales se pueden determinar mediante las características de los componentes del sistema de separación de densidad.

La invención proporciona un método para separar una mezcla. Una mezcla se separa en un primer separador de densidad para generar una primera fracción y una segunda fracción. La primera fracción se separa en un segundo separador de densidad para generar una tercera fracción. Se recupera líquido de la tercera fracción, y se combinan el líquido recuperado y la segunda fracción. La segunda fracción luego se separa en un tercer separador de densidad.

En general, se proporciona un sistema para separar una mezcla de partículas. El sistema incluye un primer separador de densidad que tiene un primer puerto de salida y un segundo puerto de salida, una segunda carga de separador de densidad por el primer puerto de salida del primer separador de densidad, una tercera carga de separador de densidad mediante el segundo puerto de salida del primer separador de densidad, y un detector de desagüe acoplado a un puerto de salida del segundo separador de densidad. El detector de desagüe se configura para remover líquido de un producto que sale del puerto de salida del segundo separador de densidad, de tal manera que por lo menos una porción del líquido removido se carga dentro del tercer separador de densidad.

Las implementaciones particulares pueden incluir una o más de las siguientes características. La separación de la primera fracción en un segundo separador de densidad puede incluir generar la tercera fracción y una cuarta fracción, en donde la tercera fracción incluye una gran cantidad de líquido que la cuarta fracción. El primer separador de densidad puede ser un hidrociclón y el segundo y tercero separadores de densidad pueden ser separadores de vórtice cilíndrico. El primer separador de densidad puede ser un separador de vórtice cilíndrico y el segundo y tercero separadores de densidad pueden ser separadores de hidrociclón. El sistema puede incluir una única bomba acoplada operablemente al primer, segundo y tercero separadores de densidad.

En general, en otro aspecto, se proporciona un medio para ajustar la densidad para uso en separaciones de densidad de medio de suspensión de una mezcla de materiales utilizando un sistema de separación de densidad. El medio incluye una composición particulada de uno o más materiales. La composición particulada consiste de partículas que tienen un tamaño de distribución de partícula entre un primer umbral de tamaño de partícula y un segundo umbral de tamaño de partícula. El primer y segundo umbrales de tamaño de partícula se selecciona con base por lo menos en parte a las características de los componentes de la separación de densidad. En implementaciones particulares, el medio puede incluir magnetita, dióxido de titanio, arena o ferrosilicato. El medio puede ser magnetita, y la distribución del tamaño de partícula de una suspensión clasificada puede ser de aproximadamente 5 a 30 micras o 5 a 25 micras.

En general, en otro aspecto, se proporciona sistemas de separación de múltiples etapas que utilizan dos o más separadores de densidad para separar materiales en una mezcla. Los sistemas de múltiples etapas pueden incluir múltiples separadores de hidrociclón, separadores de vórtice cilíndrico u otros separadores de densidad, que incluye combinaciones de estos.

Las realizaciones particulares pueden incluir una o más de las siguientes características. El primer separador de densidad en el sistema puede ser un hidrociclón, y el desbordamiento y/o subdesbordamiento del hidrociclón se puede cargar en un segundo hidrociclón o un separador de vórtice cilíndrico. Se pueden utilizar sistemas de múltiples etapas con solo agua como un fluido de separación o con soluciones de sal o un medio sólido particulado en forma de suspensión. El medio de suspensión se puede clasificar para proporcionar una distribución de tamaño de partícula controlada. La distribución de tamaño de partícula controlada puede excluir partículas medias que tienen un tamaño de partícula mayor o menor que un primer umbral de tamaño de partícula y/o menor que un segundo umbral de tamaño de partícula. El medio clasificado se puede utilizar para controlar una separación de dos etapas en aproximadamente la misma densidad de separación en dos o más separadores de densidad

dispuestos en serie. Después que se ha preparado el medio clasificado, se puede introducir selectivamente una fracción muy gruesa de medio particulado que se removerá sustancialmente del fluido en el primer separador de densidad. Se puede utilizar el medio clasificado con un material muy grueso agregado para controlar una separación de tres vías. Se puede utilizar un sistema que incluye dos hidrociclones en serie seguido por un separador de vórtice cilíndrico para producir un producto liviano, denso y de medio denso. El proceso se puede controlar con base en la densidad de carga del segundo hidrociclón y el diámetro adjunto del primer hidrociclón. El separador de vórtice cilíndrico se puede cargar mediante un cabezal.

Una separación de dos etapas posterior se puede desarrollar en los productos livianos y pesado utilizando un hidrociclón como la primera etapa y los hidrociclones o separadores de vórtice cilíndrico como la segunda etapa de los separadores de desbordamiento y subdesbordamiento. El vórtice cilíndrico se puede utilizar para deshidratar la porción liviana de las partículas de mezcla y la combinación de suspensión a un grado mayor que el hidrociclón, que tiende a deshidratar los productos pesados. La deshidratación de la corriente de fluido de salida más larga desde la segunda etapa de separador de carga de subdesbordamiento y la transmisión del fluido a la segunda etapa cabezal de subdesbordamiento permite la separación en la misma densidad a ser desarrollada en cada separador. Un sistema de múltiples etapas que carga el fluido menos denso desde un separador de densidad secundario junto con la

carga de fluido más densa en otro separador secundario se puede ajustar para proporcionar cargas en cada separador de aproximadamente la misma densidad. Se puede proporcionar el sistema de múltiples etapas con un poco de una bomba única para cada separador. Por ejemplo, el sistema de múltiples etapas se puede proporcionar con solo una bomba única para el sistema de múltiples etapas completo.

Se puede utilizar un sistema de agua de enjuague para remover las partículas más finas al desviar automáticamente una porción del desbordamiento de un hidrociclón de limpieza de agua de enjuague separada. El sistema de agua de enjuague precipita un medio aceptable de la suspensión y crea una fracción de fluido de desbordamiento que solo contiene partículas medias muy finas y una fracción de subdesbordamiento que concentra el fluido medio para regresar al tanque de carga de separación principal, regresando el medio al proceso. Se puede utilizar agua de enjuague para rociar las partículas de mezcla con el fin de liberar más del medio de los sólidos húmedos. Se puede utilizar el circuito de separación en sí mismo para remover partículas ásperas si se colocan válvulas de desviación en el subdesbordamiento del ciclón o ciclones de separación.

El sistema se puede utilizar para clasificar inicialmente las partículas medias y para remover partículas finas o gruesas que se acumulan en el líquido una vez se ha utilizado el medio. Esto permite reutilizar del medio. Las partículas indeseadas removidas, tal como finas, utilizando las técnicas descritas adelante no requieren que el medio sea ferromagnético y el método no restringen utilizar un amplio rango de tipos de medio.

La invención se puede implementar para proporcionar una o más de las siguientes ventajas. Las partículas medias finas removidas (generalmente menores que 5 micras) mejora el desarrollo de separación al reducir la viscosidad del fluido, y reducir la formación de espuma. La espuma atrapa airea en la suspensión originan fluctuaciones en la presión que desestabilizan el separador. Las partículas medias removidas también resultan en partículas más limpias en el material separado, debido a que las partículas medias finas contaminan la superficie de las partículas de mezcla y reducen la limpieza abrasiva de la superficie de partícula de mezcla que ocurre de otra forma durante la separación. Las partículas finas removidas del medio también contribuyen a la limpieza e higiene en la instalación del tratamiento de mezcla, al reducir la cantidad de medio que nace del aire dentro de las instalaciones.

Las partículas medias gruesas removidas mejora el desarrollo de separación debido a que las partículas medias no se concentran en el subdesbordamiento del ciclón de separación, cuya concentración hace el tipo de densidad menos preciso. Las partículas ásperas removidas del medio estabiliza el medio, de tal manera que el medio se separa de la mezcla de partícula en una densidad más cercana a la de la densidad de carga. El dispositivo o dispositivos de separación se pueden utilizar para separar la mezcla de partículas, y para definir la calidad del medio de suspensión antes o durante la superación al seleccionar las partículas medias que caen dentro de un rango objetivo. Debido a que los dispositivos de separación pueden servir para dos propósitos, se necesita menos equipo para optimizar este proceso de separación. Clasificar el medio utilizando las mismas condiciones y la configuración del equipo que se utilizará para desarrollar las separaciones posteriores puede producir un medio clasificado que operará satisfactoriamente en una separación posterior independiente de los materiales particulares presentes en el medio y sin requerir que se conozca el tamaño de los umbrales de partícula. En tales casos, la clasificación del medio se puede determinar completamente mediante las condiciones de separación y la configuración del equipo utilizado en la clasificación.

El uso de un sistema de múltiples etapas puede mejorar el desarrollo de una separación. Un sistema de múltiples etapas en el que el desbordamiento de un primer hidrociclón se carga a un separador de vórtice cilíndrico que requiere solo remoción ligeramente más vertical que un sistema de una sola etapa, y solo una presión de bomba ligeramente mayor. Tal un sistema puede mejorar la precisión de separación y reducir la necesidad de deshidratar los productos de separación, debido a que se remueve una porción del agua de desbordamiento o

subdesbordamiento de la separación. Esto puede asistir al producir productos livianos de alta pureza de materias prima, que contienen una cantidad baja o variable del material liviano en la carga.

5 El uso de un separador de vórtice cilíndrico es un sistema de múltiples etapas que puede mejorar la precisión de la remoción de densidad del medio del producto liviano. Un vórtice cilíndrico también deshidrata la porción liviana de las partículas de mezcla y la combinación de suspensión en un grado mayor que un hidrociclón, que tiende a deshidratar los productos pesados. La deshidratación de la corriente de fluido de salida más larga desde la segunda etapa de separador de carga de subdesbordamiento y enviar ese fluido a la segunda etapa de cabezal de carga de subdesbordamiento permite la separación en la misma densidad a ser aplicada a cada separador. Esta técnica de transferencia de fluido elimina o reduce mayormente el problema de densidad de fluido mayor en la segunda etapa del separador subdesbordamiento. Un sistema de múltiples etapas que agrega menos fluido denso recuperado de un separador secundario en una carga más densa en otro separador secundario que reduce la densidad de aquella carga, y hace posible ajustar la densidad de carga de tal manera que la carga en cada separador en un sistema de separación de múltiples etapas es de aproximadamente la misma densidad. Esto reduce la necesidad de monitorear y controlar la carga de suspensión en cada separador. Esto también puede eliminar la necesidad de cada separador de tener una bomba dedicada, simplificando el sistema y reduciendo los gastos de capital. En algunas realizaciones solo se requiere una única bomba para el sistema de múltiples etapas completo.

Estas técnicas se pueden utilizar para separar una variedad de partículas, que incluye plásticos mezclados, minerales mezclados y metales mezclados, o cualquier mezcla de estos materiales.

20 Los detalles de una o más realizaciones de la invención se establecen en los dibujos acompañantes y la descripción adelante. A menos que se defina otra cosa, todos los términos científicos y técnicos utilizados aquí tienen el significado más comúnmente entendido por una persona medianamente experta en la técnica a la que pertenece esta invención.

25 En caso de conflicto, la actual especificación, se controlará incluyendo las definiciones. Otras características y ventajas de la invención serán evidentes de la descripción, los dibujos, y las reivindicaciones.

#### Descripción de los Dibujos

La FIGURA 1 es un diagrama esquemático que muestra un hidrociclón típica.

La FIGURA 2A es una imagen de microscopio de fuerza atómica de plástico ABS.

30 La FIGURA 2B muestra un diagrama de partículas medias grandes y pequeñas en la superficie de una partícula mezclada.

La FIGURA 3 muestra un esquema de un sistema de separación de múltiples etapas que incluye dos hidrociclones conectadas en serie, en donde el desbordamiento de la primera de hidrociclón carga el segundo hidrociclón.

La FIGURA 4 es un diagrama esquemático de un separador de vórtice cilíndrico verticalmente orientado.

35 Como números de referencia y designaciones los varios dibujos indican elementos similares.

La FIGURA 5 es un esquema de un sistema separación de densidad de precisión dual que carga el fluido desde una segunda etapa de separador a una segunda etapa de separador.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

40 La invención proporciona técnicas de separación de densidad que emplean medio particulado que tiene una distribución de tamaño de partícula controlada. Cuando las partículas de sedimentación del medio dentro de un dispositivo de separación tal como un hidrociclón, la densidad de la corriente de subdesbordamiento se eleva con respecto al fluido de carga y se reduce la densidad del fluido de desbordamiento. La diferencia entre la densidad del fluido de subdesbordamiento y el desbordamiento se denomina como "diferencial". Debido a que la cantidad de fluido en el subdesbordamiento es frecuentemente mucho menor que la cantidad que reporta al desbordamiento, la diferencia en la densidad entre la carga y el subdesbordamiento es de forma correspondiente mucho mayor que la diferencia en densidad entre la carga y el desbordamiento.

50 La densidad del fluido en la que la separación de las partículas de mezcla tiene lugar cuando se refiere a la densidad de separación. Por ejemplo, para separar partículas que tienen densidades de 1.05 g/cc y 1.10 g/cc, la densidad de separación estará entre 1.05 y 1.10 g/cc. Para las separaciones de medio denso con forma de suspensión, la densidad de separación es usualmente mayor que la densidad del fluido de carga debido a que el medio se concentra en el subdesbordamiento y se restringe que algunas de las partículas mezcladas que de otra forma podrían reportar al subdesbordamiento. La diferencia entre la densidad de carga y la densidad de separación se denomina frecuentemente "desplazamiento". Como el desplazamiento crece, la calidad de la separación generalmente se declina.

Es difícil controlar precisamente la densidad de separación para la separación de dos materiales que tienen densidades más cercanas cuando está presente un gran desplazamiento. En el caso de separación de los materiales plásticos, es frecuentemente deseable separar dos plásticos que varían en densidad mediante solo 0.02 g/cc o menos. En muchos casos, el desplazamiento de un circuito de separación que emplea un hidrociclón y un medio de suspensión puede ser tan alto como 0.1g/cc. El tamaño de este desplazamiento con relación al punto de corte de densidad de separación preciso (el tamaño de partícula que reporta al subdesbordamiento y el desbordamiento) requiere hacer al sistema de separación muy difícil de controlar. El desplazamiento puede cambiar con el tiempo si existe variación en la distribución del tamaño de partícula de las partículas medias o un cambio en la temperatura de fluido. Es deseable un sistema de separación con un pequeño desplazamiento.

Cuando se reduce el tamaño de partícula del medio, la estabilidad de la suspensión se mejora pero la viscosidad generalmente se incrementa. Cuando una mezcla es para ser separada en una separación de medio denso, que incrementa la viscosidad de la suspensión disminuye las partículas de mezcla en la medida que se hundan o flotan en el fluido de separación. Mantener la viscosidad de la suspensión baja permite a más partículas de mezcla moverse a través del fluido de separación hacia el desbordamiento o el subdesbordamiento. Por estas razones, siempre existe una compensación en la selección de un material de medio debido a que este es ni muy grueso ni muy fino.

Un número de diferentes tamaños de ciclones, que varían de aproximadamente 76 mm (3 pulgadas) de diámetro a aproximadamente 760 mm (30 pulgadas) de diámetro, se pueden utilizar en separaciones de medio denso con forma de suspensión. El efecto del tamaño de partícula que reporta el desbordamiento varía con el tamaño de ciclón y otras variables, como se muestra en la Tabla 1 adelante.

Tabla 1

Variable	Efecto de incremento de variable en el tamaño de partícula de desbordamiento
Diámetro de ciclón	Tamaño de partícula incrementado
Diámetro de buscador de vórtice	Tamaño de partícula incrementado
Área de entrada	Tamaño de partícula incrementado
Índice de flujo de ciclón	Tamaño de partícula reducido
Densidad de sólido media	Tamaño de partícula reducido

En una densidad de separación mayor, es menos probable que las partículas medias gruesas se sedimenten debido a que ellas están impedidas de sedimentarse libremente. En densidades de separación mayor, las partículas medias gruesas son deseables debido a que ellas resultan en viscosidad de medio inferior aunque aún no producen un gran desplazamiento.

En un aspecto, la presente invención proporciona técnicas para controlar el tamaño de partícula de un medio de tal manera que esta se puede utilizar para formar una suspensión con propiedades benéficas cuando se utiliza para hacer gruesa una mezcla de sólidos en un dispositivo de separación de fluido centrífugo. Para asegurar que un medio se desarrolla confiable una vez este se ha preparado, el medio se clasifica de tal manera que las partículas pequeñas y grandes fuera de un rango seleccionado o las partículas de materiales no similares se remueven del medio antes que se utilice el medio en un proceso de separación. Estas técnicas producen partículas de mezcla más limpias debido a que las partículas medias finas que tienden a adherirse a las superficies de las partículas de mezcla se remueven y debido a que el medio limpia abrasivamente la superficie externa del material. Las técnicas se pueden utilizar para separar plásticos mezclados, pero ellas también son aplicables a la separación de las mezclas de metales o minerales, o cualquier mezcla de materiales que se pueden segregar de acuerdo con la densidad. Generalmente, el tamaño de las partículas del medio es menor de 50% del tamaño promedio de las partículas de mezcla que están para ser separadas. En un método de acuerdo con la invención, un medio de separación a ser utilizado en un sistema de separación de material particulado, tal como un hidrociclón o separador de vórtice cilíndrico, se selecciona por tener una distribución de tamaño de partícula dentro de un rango de tamaño de partícula específico. El medio clasificado se prepara al pasar una suspensión de medio particulado no clasificado en un fluido que se lleva a través de un separador de densidad, tal como un hidrociclón. El medio incluye un material particulado, que puede ser un mineral tal como magnetita, dióxido de titanio, arena, ferrosilicato, u otro mineral, u otro material no mineral. El fluido llevado es usualmente agua, agua con una sal disuelta, u otro líquido. Generalmente, las partículas medias duras se seleccionan por su capacidad de resistir a la abrasión durante el proceso de separación.

En una realización, el separador de densidad utilizado para clasificar el medio es el mismo separador en el que el medio se utilizará para separar una mezcla de materiales. Alternativamente, el medio se puede procesar en un separador diferente, tal como un separador que tiene condiciones de clasificación equivalente o similar. Una fracción áspera del medio que contiene partículas mayores que un primer umbral de tamaño de partícula predeterminado se produce en el separador de densidad y se remueve, y se retiene la porción restante del material. Por ejemplo, en donde el medio se procesa en un separador de hidrociclón, una fracción áspera del medio se produce en el subdesbordamiento o vértice del ciclón y se remueve, y la porción del material medio que reporta a el desbordamiento se retiene, como se describirá en más detalle adelante.

Este proceso se puede repetir una o más veces, con el material retenido a ser cargado en el mismo o un separador de densidad diferente para remover las fracciones adicionales del material grueso. Aunque un único paso para remover las partículas ásperas es frecuentemente suficiente para reducir grandemente el separador desplazamiento, un segundo o tercer paso puede proporcionar reducción adicional en el desplazamiento que se experimenta cuando el medio se utiliza posteriormente en una separación de medio denso bajo las mismas condiciones de separación, haciendo posible separar más precisamente la mezcla. Alternativamente, el índice de flujo se puede incrementar aunque se remueva la fracción gruesa.

Luego se remueven las partículas finas más pequeñas que un umbral de tamaño predeterminado. El material restante del que la fracción áspera se ha removido se carga dentro de un separador de densidad, que puede ser el mismo separador en el que se remueven las partículas ásperas, o un separador diferente. En este separador, partículas medias más finas menores que el umbral de tamaño más pequeño se separan de la suspensión, y se produce un medio aceptable- que es, un medio que tiene un tamaño de distribución de partícula en el rango deseado. Por ejemplo, la clasificación fina se pueden desarrollar en un hidrociclón de enjague separada que se configura de tal manera que este precipita una partícula de diámetro mucho más pequeña que los hidrociclones generalmente más grandes utilizadas para la remoción de la fracción áspera del medio (y la separación de la mezcla), como se describirá en más detalle adelante. Este hidrociclón produce una fracción de fluido de desbordamiento que contiene solo partículas medias muy finas y que concentra al medio aceptable, restante de la suspensión en una fracción de subdesbordamiento que se puede regresar al tanque de carga de separación principal.

El rango de tamaño de partícula medio particular (que es, el primer y segundo umbrales de tamaño de partícula discutidos anteriormente) seleccionado para una separación dada variará de una separación a otra, dependiendo del medio material y del equipo que forma el circuito de separación. Se puede emplear un método simple para determinar el umbral de tamaño grueso antes que se remuevan las partículas medias. Como se discutió anteriormente, un sistema de separación de hidrociclón puede procesar el medio no clasificado de tal manera que se puede remover la fracción áspera que reporta el subdesbordamiento. Cada paso consecutivo a través del ciclón permitirá la remoción de una fracción áspera del medio sólido restante. Si se utiliza un número de pasos muy grande eventualmente se removerá casi todo el medio particulado. Posteriormente, entre uno y cinco pasos alcanza típicamente mucho o todo el beneficio práctico anticipado sin disminuir sustancialmente la producción del medio aceptable. Al desarrollar una etapa de preclasificación utilizando el sistema y las condiciones de separación destinadas en solo el medio de suspensión, este comportamiento se puede utilizar para eliminar partículas medias que se sedimentarán bajo las condiciones de separación, produciendo así un medio sustancialmente libre de partículas ásperas que se sedimentarán para el subdesbordamiento e impactarán adversamente el desempeño de separación resultante, aunque no se conozca la cantidad y características (es decir, el umbral de tamaño de partícula gruesa). En general, el tamaño de partícula apropiado del medio dependerá de la densidad del medio. Por ejemplo, el medio de magnetita entre 5 y 30 micras forma una suspensión estable. Otros minerales o partículas medias que son menos densas que el magnetita, tal como dióxido de silicón, forman una suspensión estable con partículas más gruesas.

Remover sustancialmente todas las partículas por debajo de un cierto tamaño de partícula y por encima de un cierto tamaño de partícula mejora generalmente la separación de partículas en una mezcla, como se describirá en más detalle adelante. La distribución del tamaño de partícula particular seleccionado para el medio varía con la elección del material de medio y la configuración del sistema de separación y se describe usualmente mediante la técnica de clasificación utilizada para alcanzar el tamaño de partícula.

Remover las partículas menores del rango objetivo evita varios problemas en las separaciones desarrolladas con el medio. Por ejemplo, el material de tamaño de partícula fino puede conducir a la formación de niveles sustanciales de espuma aunque la manipulación del fluido que contiene las partículas de suspensión. Las partículas medias finas también originan que se incrementa la viscosidad observada de la suspensión, que hace más difícil a las partículas de mezcla levantarse o sedimentarse con respecto al fluido dentro del dispositivo de separación centrífuga. También es más probable que las partículas medias finas provengan del aire si se les permite secar y pueden ser problemáticas para mantener la limpieza e higiene de la planta. Las partículas medias finas también contaminan la superficie de algunas variedades de partículas a ser separadas, particularmente plásticos.

La contaminación de superficie mediante partículas finas puede ser particularmente problemática. La FIGURA 2A ilustra un micrógrafo de fuerza atómica de la superficie de una sección microtomada de un espécimen de plástico de butadieno estireno acrilonitrilo moldeado para inyección (ABS). Se desarrolla microscopía de fuerza

atómica en el modo de registro normal. La micrografía de fuerza atómica en la FIGURA 2A muestra agujeros de superficie y contornos de varios tamaños diferentes. Los agujeros 205 de las partículas de pigmento se ven por ser generalmente menores que 2 micras, los dominios de caucho 210 dentro del ABS son generalmente menores que 0.5 micras y ranuras de superficie y los contornos son generalmente menores de 5 micras. Aunque los contornos en el AFM son de un micrómetro se puede concluir que la granulación del plástico también produciría contornos similares. Como se muestra en la FIGURA 2B, las partículas medias 215 con tamaños mayores que 5 micras son sustancialmente menores por ser capaces de encontrar una ubicación a la que se adhiere a la superficie, aunque una partícula media menor de 5 micras, tal como una partícula media 220 que es 3 micras en diámetro, puede ser capaz de fijar en un vacío de 3 micras 225. Así, un medio particulado utilizado en una suspensión para clasificar las partículas de mezcla que contienen un número más reducido de partículas medias menores de 5 micras debe ser menor para contaminar la superficie de plástico. Las muestras de lavado de plástico en las suspensiones que contienen más y menos cantidades de partículas medias menores que 5 micras demuestra que los plásticos lavados con suspensiones con partículas menores de 5 micras tienen mayores índices de contaminación que los plásticos lavados con suspensiones que incluyen partículas mayores de 5 micras. Las partículas medias menos finas presentes, la menor suspensión tiende a contaminar la superficie del plástico.

Existe un número de técnicas de separación, tal como separación triboelectrostática y residuos de flotación, que se basa en una superficie de plástico limpia. Al pelar partículas finas menores de 5 micras de una separación de densidad media en forma de suspensión, el desarrollo de carga triboeléctrica se mejora grandemente, debido a que el medio no contiene partículas que se adhieren a la superficie de las partículas de mezcla (y así no altera el comportamiento de las partículas de mezcla en el dispositivo de separación), y la limpieza abrasiva que desarrolla partículas medias gruesas.

Cuando un material abrasivo, tal como magnetita, dióxido de titanio, arena, ferrosilicato, o otro material duro es el medio y el medio tiene un tamaño de partícula más grueso de 5 micras, ocurre la abrasión de la superficie de las partículas de mezcla polimérica (por ejemplo, plásticos). Las partículas tienen una apariencia brillante menor después de ser sometido a un medio denso en forma de separación de suspensión y el plástico fino está presente en el material de desperdicio que se remueve del sistema de separación húmedo. Esta acción de abrasión tiene el efecto de limpieza de la superficie de los polímeros y así mejora su desempeño en las técnicas de separación con base en superficie, tal como separación triboeléctrica, debido a que los contaminantes de superficie pueden modificar las propiedades de partículas de mezcla de tal manera que las partículas con los mismos atributos físicos se comportan de forma diferente durante la separación. La limpieza se mejora particularmente mediante el uso de medio denso en forma de suspensión en donde la distribución del tamaño de partícula minimiza el contenido de material fino (<5 micras), debido a que los materiales más finos cubren la superficie de las partículas de mezcla y puede evitar la abrasión como se discutió anteriormente. Así, exponiendo una mezcla de plástico a una suspensión clasificada para excluir partículas menores de 5 micras antes de hacer gruesa la mezcla utilizando una técnica de separación con base en superficie que puede mejorar la separación resultante.

Las partículas medias más gruesas de tamaño de partícula seleccionado son también problemáticas debido a que ellas se sedimentan en el equipo de proceso, particularmente en dispositivos de separación centrífuga en donde ocurre más rápidamente la sedimentación. Si las partículas medias de la suspensión se sedimentan en un alto grado en el separador centrífugo, se altera la densidad en la que las partículas de mezcla se separan. Entre Las más sedimenten las partículas en suspensión, será más efectivo el aumento de la densidad de separación y la separación será menos precisa.

La densidad en la que ocurre la separación en un separador de densidad tiende a ser cercana a la densidad del subdesbordamiento del separador. Para cualquier separador centrífugo dado operado en una condición de separación dada, existirá un diámetro de partícula que se distribuye eventualmente entre el desbordamiento y subdesbordamiento. Incrementar el índice de flujo origina el diámetro de partícula que reporta la reducción de subdesbordamiento y desbordamiento. Como un ejemplo, si se dobla el índice de flujo del fluido a través del hidrociclón, el tamaño de partícula que se distribuye eventualmente se reduce debido a las fuerzas centrífugas dentro del incremento del ciclón.

En otro aspecto, la invención proporciona sistemas de separación, y métodos para utilizar tales sistemas, que reduce la cantidad total de equipo requerido para preparar el medio de suspensión y desarrollar las separaciones de densidad del medio de suspensión. El equipo puede correr en dos modos discretos. El primer modo crea un medio que tiene una distribución de tamaño de partícula controlada. El segundo modo separa la mezcla de plásticos, plásticos y otros materiales, metales, o minerales utilizando el medio particulado para ajustar la densidad hacia arriba de la densidad inherente del fluido llevado.

En una realización, el medio se prepara al pasar una suspensión de medio no clasificado a través del mismo hidrociclón (o un hidrociclón diferente con condiciones de clasificación equivalentes) utilizada para separar mezclas de partículas ásperas (1-25 mm), tal como plásticos mezclados. La densidad de la suspensión puede ser una densidad que está entre por lo menos dos de los materiales en las partículas mezcladas para separación. Por ejemplo, la mayoría de plásticos tienen una densidad entre 0.9 y 1.3 g/cc. Así, la densidad de la suspensión se puede seleccionar (con base, por ejemplo, en la adición del medio) por caer dentro de 0.9 a 1.3, o el rango más amplio de 1.01 y 1.15 g/cc. Una fracción áspera del medio se produce en el subdesbordamiento o vértice del ciclón.



La fracción áspera se remueve y se retiene la porción del medio material que reporta para desbordamiento. Al repetir esta operación, es posible reducir selectivamente el desplazamiento que se experimenta cuando se utiliza el medio en una separación de suspensión de medio denso bajo las mismas condiciones de hidrociclón. Un único paso frecuentemente es suficiente para reducir grandemente el desplazamiento. Sin embargo, un segundo o tercero paso es deseable, particularmente si se desea una separación de mezcla precisa. Como una alternativa a múltiples pases, el índice de flujo se puede incrementar aunque se remueva la fracción gruesa. Incrementar el índice de flujo volumétrico a través de un hidrociclón incrementa la captura de las partículas ásperas en el subdesbordamiento y reduce el tamaño de partícula promedio restante en el desbordamiento.

Las partículas que reportan para subdesbordar en un medio denso en forma del circuito de suspensión tiende a ser las partículas más gruesas en el medio. Si se remueven estas partículas medias más gruesas cuando el medio se prepara, es posible reducir grandemente el desplazamiento del circuito de separación. Adicionalmente, al remover las partículas medias que están por debajo de un tamaño determinado, el medio exhibirá una viscosidad reducida, espuma reducida, propensión reducida para contaminar superficies e incrementar la propensión a las superficies abrasivamente limpias, mejorando adicionalmente el desempeño de las separaciones desarrolladas con el medio.

Con cada paso consecutivo y la remoción de una fracción áspera restante, la suspensión retenida llega a ser más estable. Esto significa que el medio separará mezclas en una densidad más cercana a aquella de la densidad de carga (separación desplazamiento más pequeña) y la corriente de desbordamiento tendrá una densidad más cercanamente approaching que del subdesbordamiento (diferencial bajo). Si se estabiliza el medio mediante la remoción secuencial de partículas ásperas, se puede llevar a cabo una separación de dos etapas mediante conexión directa del primer ciclón 305 de desbordamiento 310 a la carga 315 del segundo hidrociclón 320, como se muestra en la FIGURA 3.

Una conexión en serie de dos etapas permite que ocurra una segunda separación en el segundo hidrociclón para separar adicionalmente las partículas medias en rangos de tamaño más angostos. Si la separación remueve el 90% de una densidad dada de partícula del desbordamiento cada vez esta pasa a través del hidrociclón, una segunda separación del desbordamiento tiene el efecto de remover 90% del material restante para una remoción neta de 99%. Cuando se utiliza en una separación de suspensión de medio denso, conectando el desbordamiento del primer hidrociclón a la carga del segundo ciclón resulta en la separación en el segundo hidrociclón que tiene lugar en una densidad inferior que la separación en la primera, debido a que el desbordamiento del primer ciclón contiene más agua y es menos densa que la carga. La diferencia en la densidad de separación disminuye cuando el medio llega a ser más estable (un medio de agua salada que es muy estable y que resultaría en poca diferencia en la densidad de separación). Conectar directamente el subdesbordamiento de un primer hidrociclón a la carga de un segundo hidrociclón que restringe típicamente la entrada de aire en el vértice del ciclón para formar un núcleo de aire dentro del ciclón. El núcleo de aire mejora la separación y así, la conexión directa puede comprometer la separación que ocurre en el primer hidrociclón.

Se puede estabilizar un medio sólido de particulado en forma de suspensión para uso en un sistema de separador tal como aquel en la FIGURA 3 al pasar primero la suspensión a través del sistema y remover la porción del medio que reporta para subdesbordar. El sistema se puede diseñar para diseñar válvulas que redirigen las dos ciclones se subdesbordan para almacenar solo clasificación durante el medio. Una vez se ha preparado el medio, todo el medio de subdesbordamiento y el desbordamiento se regresa al tanque de carga de separación. Como una alternativa para dirigir la conexión del desbordamiento de un hidrociclón a otra, es posible elevar el primer hidrociclón y permitir el desbordamiento para cargar un cabezal a presión atmosférica. El cabezal se ubica por encima del segundo hidrociclón mediante aproximadamente 10 diámetros del segundo ciclón, que es una altura de cabezal suficiente para conducir muchos ciclones de separación. Por ejemplo, si el segundo hidrociclón es un ciclón de 24.5 cm de diámetro, el cabezal, que lo conduce, sería aproximadamente 10 x 25.4 cm o 254 cm por encima de la entrada de ciclón. Esta configuración tiene la ventaja de no proporcionar presión adicional al subdesbordamiento del primer ciclón que puede conducir más fluido que se desea desde el primer subdesbordamiento. Esto también permite la formación de un núcleo de aire en el primer ciclón que incrementa el desarrollo de separación. Sin embargo, esta configuración de cabezal requiere un gran altura vertical – en el caso de un ciclón de 38 cm diámetro, casi 4 metros de nitidez vertical adicional que se requerirá para la instalación de tal un sistema.

Una dificultad práctica de hidrociclones cargados con desbordamientos en serie es tal que se requiere una alta presión y bombas capaces de manipular los sólidos abrasivos y gruesos que no tienden a estar bien, adecuados para altas presiones requeridas para conducir múltiples etapas. Esto es verdad si los hidrociclones se conectan directamente o se conectan mediante un cabezal. Esta dificultad puede surgir si se utiliza, en lugar de unos hidrociclones, un separador de vórtice cilíndrico como se describe en la Patente Estadounidense No. 6,238,579. Este dispositivo tiene la ventaja de requerir mucha menos presión para conducir la separación. Se necesita tan poco como 1.5 metros de distancia vertical para conducir un separador de vórtice cilíndrico con un índice de flujo equivalente al índice encontrado con un hidrociclón de 38 cm. Estos 1.5 metros se miden desde el puerto de salida del producto pesado, que se puede colocar en el fondo del separador. Si el separador de vórtice cilíndrico se orienta verticalmente y es 1 metro en longitud, la salida del primer hidrociclón se puede posicionar 0.5 metros por encima de la parte superior del separador de vórtice cilíndrico. Un ejemplo de un separador de vórtice cilíndrico verticalmente orientado se muestra en la FIGURA 4. El material de carga ingresa un cabezal 405 y se carga al vórtice cilíndrico

400, en donde el proceso de separación origina que salga el producto pesado en el puerto 410 aunque el producto liviano sale del segundo puerto 415. Se mide la distancia de 420 del cabezal 405 para la salida de puerto liviano 415.

La combinación de una carga de hidrociclón de desbordamiento un cabezal que carga un separador de vórtice cilíndrico que permite una separación de dos etapas más práctica como nitidez vertical y el requerimiento de presión de la bomba se reduce grandemente. Esta configuración tiene otra ventaja en la que el separador de vórtice cilíndrico suministra entre 60 y 90 % de fluido de carga para el producto pesado, mientras que un hidrociclón suministra entre 60 y 90% del fluido al producto liviano. El separador de vórtice cilíndrico actúa así como una unidad para deshidratar los productos livianos justo cuando se utilizan hidrociclones como un dispositivo para deshidratar los productos pesados. Si un hidrociclón suministra el producto pesado de una unidad de separación húmeda y su desbordamiento se envía a un separador de vórtice cilíndrico que suministra un producto liviano de la unidad y recircula el producto pesado al tanque de carga, aproximadamente la mitad del fluido que se envía a través del sistema no requiere deshidratar para capturar los sólidos. Esto representa costos significativos al simplificar el detector de desagüe y simplificar potencialmente el sistema de enjuague requerido. Si se utiliza un hidrociclón con su desbordamiento carga un separador de vórtice cilíndrico por medio de una caja de deshidratación en un sistema solo de separación de agua, los productos liviano y pesado pueden enviarse directamente a secadoras si los materiales plásticos se procesan y una unidad deshidratada separada no se requiere antes de la secadora. Este sistema de dos etapas requiere solo aproximadamente 1 metro de separación más vertical que un sistema de única etapa. Aunque el sistema de dos etapas requiere una presión ligeramente mayor en la bomba, esto produce una separación sustancialmente más precisa cuando se compara con un sistema de única etapa.

Si el desbordamiento de una primer ciclón se envía a un segundo ciclón y se utiliza un medio particulado en forma de suspensión que no tiene las partículas ásperas removidas en una etapa de preclasificación, la separación en el primer ciclón tiene lugar en una densidad mayor que la separación en el segundo ciclón ya que las partículas ásperas en la suspensión tienden a reportar al subdesbordamiento del primer separador. Si un dispositivo de monitoreo de densidad se coloca en la entrada del segundo ciclón, se puede hacer la separación muy precisamente controlada en el segundo ciclón. La separación que tiene lugar en el primer ciclón es menos precisa debido a que el medio grueso se precipita en esta etapa (resultando en un alto diferencial y desplazamiento).

Si se utiliza un medio preclasificado pero una fracción de medio grueso (de tal manera que el primer ciclón captura sustancialmente todo de esto) se agrega al tanque de carga, una primera etapa de separación que remueve impurezas pesadas (tal como caucho, metal, PVC y tablas de circuito de plásticos mezclados) puede preceder una segunda etapa de separación en una densidad inferior y muy precisa. Por ejemplo, si una mezcla de partículas contiene tres tipos de polímero, A, B y C, que tiene densidades de 1.20, 1.11 y 1.09 g/cc, respectivamente, un medio clasificado que tiene una fracción de medio muy grueso agregada se puede utilizar para producir una separación de tres vías. La mezcla de partículas y el medio (que incluye la fracción muy gruesa agregada) se introduce en una primer ciclón, en donde la mayor parte del polímero A más denso y sustancialmente todas las partículas medias muy gruesas reportan al subdesbordamiento. el desbordamiento, que incluye los plásticos B y C menos densos, Este desbordamiento, que ahora consiste de plásticos B y C menos densos en el medio clasificado original se carga dentro del segundo ciclón, en donde las partículas B ahora reportan principalmente al subdesbordamiento y las partículas C reportan principalmente al desbordamiento. El sistema de dos ciclones ha separado las partículas mezcladas en tres corrientes de los polímeros A, B y C. El mismo método se puede utilizar para separar las impurezas pesadas (tal como caucho, metal, PVC y tablas de circuito de plásticos mezclados) en el primer ciclón y separar dos tipos de polímeros o grados en el segundo ciclón. Un método para alterar la densidad de la separación es para restringir el vértice del primer ciclón. Cuando se restringe el vértice, se reduce la cantidad de agua que fluye para subdesbordar, pero (dentro de los límites) la recuperación de sólidos muy gruesos no se disminuye sustancialmente.

Utilizando este método, una única unidad de separación puede desarrollar separaciones ciclónicas en dos diferentes densidades simultáneamente (es decir, la fracción más liviana que contiene los polímeros A y B menos densos se puede cargar en el primer ciclón en el ejemplo descrito anteriormente), con la segunda separación que ocurre en una densidad menor y más precisamente separar las partículas de mezcla. Se producen tres productos: los más pesados de alta densidad, la densidad de rango medio del producto entreparéntesis, y los más livianos de densidad menor.

En una realización, el medio de clasificación se puede regenerar después que este se ha utilizado en una o más separaciones de densidad al someter la suspensión que contiene el medio a las mismas condiciones de clasificación que se utilizan originalmente para clasificar el medio para generar una distribución de tamaño de partícula controlada. En esta forma, las partículas ásperas y finas generadas o introducidas durante el curso de una o más separaciones - por ejemplo, partículas finas generadas mediante abrasión de partículas medias mayores durante separaciones de mezcla, o partículas ásperas introducidas como contaminantes - se pueden remover y se puede mantener la utilidad del medio sobre múltiples separaciones.

Si se desea una separación de dos etapas, se pueden cargar separadores mediante el desbordamiento 510 y el subdesbordamiento 515 del ciclón 505 de separación de primera etapa, como se muestra en la FIGURA 5. Como se describió anteriormente, cuando se utiliza un hidrociclón, subdesbordamiento. El 515 de la primera etapa de separador 505 incluye menos agua que el fluido de carga 520 en la primera etapa de separador 505 de tal

manera que la densidad de subdesbordamiento 515 es considerablemente mayor que la densidad de carga 520. Desbordamiento 510 tiene más agua que el fluido de carga 520 y así es menos denso, pero la densidad de desbordamiento 510 difiere de menos de la densidad de carga 520 que de la densidad de subdesbordamiento 515. Esto origina carga 520 en la primera etapa y el separador de carga de subdesbordamiento 525 que difiere de la carga 530 en el separador de carga de subdesbordamiento 535. En esta disposición, no existe generalmente suficiente flujo de fluido para conducir el separador de carga de subdesbordamiento 535. Para resolver este problema, el fluido se puede remover de desbordamiento 540 de una segunda etapa de hidrociclón de carga de subdesbordamiento 525, por ejemplo, con unidad de detección de desagüe 550, y el líquido se puede agregar a la carga del separador de carga de subdesbordamiento 535 para corregir la densidad de carga de carga de subdesbordamiento.

Cuando la segunda etapa del separador de carga de subdesbordamiento es un separador de vórtice cilíndrico, se puede colocar una unidad de detección de desagüe en la descarga de subdesbordamiento de la segunda etapa del separador de carga de subdesbordamiento para equalizar la densidad y permitir suficiente flujo para las tres cargas

El fluido removido con esta caja de desagüe se envía al cabezal para la segunda etapa del separador de carga de subdesbordamiento. Agregar este fluido complementa la carga en el separador de carga de subdesbordamiento y permite la segunda etapa de unidad subdesbordamiento para operar, particularmente si un medio denso en forma de suspensión se utiliza como el fluido de separación. Si no se agrega fluido a la segunda etapa del separador de carga de subdesbordamiento, la densidad de separación en la segunda etapa del separador de carga de subdesbordamiento es mayor que en la primera etapa del separador y el separador de carga de subdesbordamiento corrige la densidad de la carga en la segunda etapa de separador de carga de subdesbordamiento y permite una segunda etapa de separación en la misma o similar densidad como la primera etapa del separador. No se necesita corrección para la segunda etapa de desbordamiento si el primer separador es un hidrociclón, debido a que la mayoría del fluido fluye desde la primera etapa a esta unidad en cualquier caso. Una unidad o detección de desagüe remueve actualmente el fluido cuando se opone únicamente al agua removida. Este fluido contiene la densidad que ajusta el medio de suspensión que tiene un tamaño de partícula mucho más fino que las aberturas en un detector de desagüe estándar. Las aberturas en tal un detector de desagüe son generalmente más grandes de 1000 micras.

La segunda etapa de los separadores utilizados en el proceso descrito anteriormente pueden ser separadores de vórtice cilíndrico. Si se utiliza un hidrociclón como la segunda etapa del separador de carga de subdesbordamiento el agua del desbordamiento de este separador se puede deshidratar y se envía al cabezal de la segunda etapa del separador de carga de subdesbordamiento. Así, la segunda etapa del separador de subdesbordamiento puede ser un hidrociclón o un separador de vórtice cilíndrico.

Como se discutió anteriormente, un hidrociclón reporta la mayoría del fluido a el desbordamiento, aunque un separador de vórtice cilíndrico reporta la mayoría del fluido de carga de subdesbordamiento. Si el separador de primera etapa es un separador de vórtice cilíndrico u otro separador centrífugo que suministra una fracción mayor de fluido al subdesbordamiento, el fluido de la corriente de descarga de volumen mayor de la segunda etapa del separador de carga de subdesbordamiento se puede enviar al cabezal del separador de desbordamiento de segunda etapa. Independiente del separador utilizado en la primera y segunda etapas de separación, se puede utilizar una bomba para el proceso de múltiples etapas completo. En contraste, los procesos de separación convencionales requieren típicamente una bomba requerida para cada separador, que incrementa el costo y complejidad del equipo de separación.

Con el fin de conservar el medio particulado, este enjuaga generalmente las partículas existentes de la mezcla. Las partículas de mezcla se pueden enjuagar en un tamiz que incluye una primera porción que funciona como una sección "deshidratación". El fluido de la sección de desagüe se puede enviar al tanque de separación para dirigir la reutilización. Una porción de este fluido detectado se puede desviar a un sistema de agua de enjuague. El sistema de agua de enjuague incluye un tanque separado para capturar el fluido desviado y suministrarlo a una bomba de enjuague. La bomba de enjuague puede presurizar el fluido y la carga a un hidrociclón separada que se configura de tal manera que este precipita una partícula de diámetro mucho menor que se utiliza con los hidrociclones generalmente mayores para la separación de la mezcla y potencialmente para la remoción de la fracción áspera del medio. El hidrociclón de enjuague se puede utilizar por llevar a cabo varias funciones. Este precipita un medio aceptable de la suspensión y crea una fracción de fluido de desbordamiento que solo contiene partículas medias muy finas y una fracción de subdesbordamiento que concentra el fluido mediado para regresar al tanque de carga de separación principal, que regresa el medio al proceso. El agua de enjuague se puede utilizar para rociar las partículas de mezcla con el fin de liberar más del medio de los sólidos húmedos.

Este sistema de agua de enjuague también es una forma conveniente para controlar la densidad del fluido en la unidad de separación principal. Si se encuentra la densidad por ser muy baja, una porción del agua de enjuague se puede desviar del proceso para concentrar el fluido en el tanque. Si la densidad del fluido de separación principal es muy alta, una porción del subdesbordamiento se puede desviar del proceso para diluir el fluido de separación.

El ciclón de enjuague también se puede utilizar para remover el medio que es muy fino (generalmente bajo aproximadamente 5 micras para suspensiones de magnetita) durante la clasificación del medio, como se discutió anteriormente. El sistema de desviación se puede utilizar para enviar el desbordamiento de un medio no clasificado en un sistema de sedimentación. Este sistema de desviación se puede activar automáticamente si una densidad  
 5 monitoreada (tal como un metro de densidad nuclear) se coloca en el desbordamiento del ciclón de enjuague. Si la densidad de desbordamiento está por encima de un punto dado (aproximadamente 1.01 g/cc por ejemplo) el desbordamiento se desvía automáticamente y se sustituye el agua de enjuague fresca. Esta sustitución no tiene lugar si el fluido de separación principal circuito la densidad monitoreada que indica que el fluido está muy diluido.

Utilizando este sistema simple, el carácter del medio se puede controlar y mantener y se puede mantener la  
 10 densidad del circuito de separación principal. Esto tiene ventajas sustanciales sobre los sistemas de concentración de medio magnético más costosos diseñados para concentrar solo partículas ferromagnéticas para recuperar las partículas que se concentran por tamaño. El sistema controlado de agua de enjuague permite el uso de cualquier sólido particulado como un medio independiente de sus propiedades magnéticas.

El medio se puede clasificar inicialmente utilizando este método directo y armonizado para remover los  
 15 materiales problemáticos finos. El mismo equipo luego se puede utilizar para remover continuamente materiales finos que se crean mediante el proceso o se agregan al sistema mediante la carga. Esto permite la regeneración y reutilización de la suspensión. El uso de un rociado de enjuague incrementalmente la recuperación de las partículas de suspensión y reduce el daño de abrasión para equipo corriente abajo. Las partículas de mezcla, si son plástico, se envían a una variedad de secadores centrífugos denominados un secador que incluye una disposición  
 20 de paleta de rotación central dentro de un cilindro de detección estacionaria. El cilindro de detección se orienta con su eje vertical.

Ejemplos

Los siguientes ejemplos son solo ilustrativos y no están destinados a limitar el alcance de la invención descrito en las reivindicaciones.

25 Ejemplo 1: Efecto del tamaño de partícula medio en la contaminación de superficie del plástico

Se coloca magnetita con una distribución de tamaño de partícula que varía de 0.1 a 100 micras en agua y se agita. La suspensión se le permite sedimentar durante unos pocos minutos y el fluido sobrenadante se vierte en un segundo beaker. Esta suspensión se le permite sedimentar durante unos pocos minutos y el fluido sobrenadante se vierte en un tercer beaker. Cada beaker contiene fracciones de tamaño medio fino o medio gruesas.

30 Aproximadamente diez gramos de glóbulos de plástico de polipropileno se agitan en cada una de las tres suspensiones durante aproximadamente un minuto. Luego se remueven los glóbulos, se enjuagan y se secan en un horno. Los glóbulos se agitan con la suspensión de partícula fina que parece notablemente más oscura que los glóbulos agitados con las suspensiones de magnetita medio o grueso.

35 La carga en los glóbulos secos luego se mide después de centrifugar en un contenedor de policarbonato. La Tabla 2 muestra la carga por masa en los glóbulos expuestos al agua, las partículas ásperas y finas. La carga es menor para los glóbulos expuestos a las partículas finas, que sugiere algún efecto de contaminación de superficie.

Tabla 2

Muestra	Carga por masa (nC/g)
Solo agua	-0.36
Medio fino	-0.17
Medio grueso	-0.34

Ejemplo 2

40 un hidrociclón modelo D15B de 15 pulgadas fabricado por Krebs Engineers, Tucson, AZ con un Zinder de vórtice de 6 pulgadas, una entrada de 11 pulgadas cuadradas y un vértice 4.5 de pulgadas se carga a una presión de aproximadamente 7 psi de magnetita, remover las partículas con un diámetro por encima de aproximadamente 30 micras. Alternativamente, las partículas adicionales, bajo aproximadamente 25 micras se pueden remover para  
 45 crear un medio de 5-25 micras de tamaño muy cercano al procesar repetidamente o reducir el punto de corte de separación al incrementar el índice de carga o cambiar otro parámetro de separación de ciclón, como se describe en la Tabla 1. El hidrociclón se orienta en aproximadamente 22 grados desde la horizontal. El hidrociclón distribuye aproximadamente la mitad de partículas de 30-micras para el subdesbordamiento con un porcentaje mayor de partículas más gruesas al subdesbordamiento. Aproximadamente 30-40 % del fluido total se envía al

subdesbordamiento, así una partícula con solo 30-40 % de recuperación para subdesbordar no se clasificaría efectivamente debido a que este se reporta con el fluido y no se hace actuar por el ciclón.

Ejemplo 3

- 5 Sigue otro ejemplo para seleccionar el tamaño medio un hidrociclón modelo D4B-12 fabricada por Krebs Engineers con un área de entrada de 1.2 pulgadas cuadradas, un Zinder de vórtice de 1.25 pulgadas, y se carga en una presión de aproximadamente 30 psi se espera recuperar aproximadamente la mitad de las partículas de 10 micras de una suspensión de magnetita para subdesbordar. Con un diámetro vértice de 0.625 este ciclón envía aproximadamente 10 por ciento del fluido total para subdesbordar. Así, este concentra las partículas más gruesas de 10 micras sustancialmente y pueden tener muy poca capacidad para capturar 5 micras y partículas más pequeñas en el subdesbordamiento. Aproximadamente 10 % de todas las partículas más pequeñas se suministran al subdesbordamiento debido a que ellas viajan con el fluido que reporta para subdesbordar. Con cada paso una fracción entre 50 y 90 por ciento de todas las partículas por debajo de 10 micras se remueve del medio que se reporta para subdesbordar. Con 1-5 pasos a través del ciclón, la magnetita recuperado para subdesbordar será sustancialmente libre de partículas 5 micras y menos.
- 10
- 15 La invención se ha descrito en términos de las realizaciones particulares. Otras realizaciones están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones. Por ejemplo, las etapas de la invención se pueden desarrollar en un orden diferente y todavía alcanzan resultados deseables.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para separar una mezcla, el método comprende:
- 5 desarrollar una o más separaciones de clasificación por aspereza en una suspensión que incluye un líquido de separación y uno o más materiales de medio particulado, en donde el desarrollo de la una o más separaciones de clasificación por aspereza separa de la suspensión una fracción áspera que contiene partículas ásperas del uno o más materiales de medio, las partículas ásperas tienen un tamaño de partícula mayor que un primer umbral de tamaño de partícula;
- 10 desarrollar una o más separaciones de clasificación fina para separar de la suspensión una fracción fina que contiene partículas finas del uno o más materiales de medio, las partículas finas tienen un tamaño de partícula menor que un segundo umbral de tamaño de partícula, en donde la una o más separaciones de clasificación por aspereza separadas de la suspensión de fracción áspera y la una o más separaciones de clasificación fina separadas desde la suspensión de fracción fina producen un medio clasificado que tiene una distribución de tamaño de partícula controlada de los materiales de medio particulado;
- 15 combinar el medio clasificado con una mezcla a ser separada para generar una mezcla de separación, en donde la mezcla a ser separada incluye plástico;
- 20 desarrollar una o más separaciones de densidad en la mezcla de separación; en donde el desarrollo de la una o más separaciones de clasificación por aspereza en la suspensión y la una o más separaciones de clasificación fina en la suspensión o el desarrollo de la una o más separaciones de densidad en la mezcla de separación, comprende:
- separar la suspensión o la mezcla de separación en un primer separador de densidad para generar una primera fracción y una segunda fracción;
- separar la primera fracción en un segundo separador de densidad para generar una tercera fracción;
- recuperar líquido de la tercera fracción;
- 25 combinar el líquido recuperado y la segunda fracción; y separar la segunda fracción en un tercer separador de densidad.
2. El método de la reivindicación 1, comprende adicionalmente:
- regenerar el medio clasificado al desarrollar una separación de clasificación del medio después de desarrollar por lo menos una separación de densidad de la una o más separaciones de densidad en la mezcla de separación.
- 30 3. El método de una de las reivindicaciones 1-2, que comprende adicionalmente:
- regenerar el medio clasificado al desarrollar una separación de clasificación del medio después de desarrollar por lo menos una separación de densidad de la una o más separaciones de densidad en la mezcla de separación, que incluye remover el material particulado del medio clasificado que tiene un tamaño de partícula menor que un umbral de tamaño de partícula fino.
- 35 4. El método de la reivindicación 3, que comprende adicionalmente:
- antes de desarrollar una primera separación de densidad de la una o más separaciones de densidad en la mezcla de separación, agregar una fracción muy gruesa del uno o más materiales de medio a la mezcla, la fracción muy gruesa contiene partículas medias que reportan sustancialmente para el separador de subflujo.
- 40 5. El método de la reivindicación 3, en donde:
- el primer umbral de tamaño de partícula y el segundo umbral de partícula se determinan mediante parámetros de un sistema de separación.
6. El método de una de las reivindicaciones 1-5, en donde:
- 45 desarrollar una o más separaciones de clasificación por aspereza en la suspensión, desarrollar una o más separaciones de clasificación fina o desarrollar una o más separaciones de densidad en la mezcla de separación, incluye separar la suspensión o la mezcla de separación utilizando uno o más separadores de hidrociclón.
7. El método de una de las reivindicaciones 1-6, en donde:

desarrollar una o más separaciones de clasificación por aspereza en la suspensión, desarrollar una o más separaciones de clasificación fina o desarrollar una o más separaciones de densidad en la mezcla de separación incluye separar la suspensión o la mezcla de separación utilizando uno o más separadores de vórtice cilíndrico.

- 5 8. El método de una de las reivindicaciones 1-7, en donde:  
desarrollar una o más separaciones de clasificación por aspereza en la suspensión, desarrollar una o más separaciones de clasificación fina o desarrollar una o más separaciones de densidad en la mezcla de separación incluye separar la suspensión o la mezcla de separación utilizando uno o más separadores de hidrociclón y uno o más separadores de vórtice cilíndrico.
- 10 9. El método de una de las reivindicaciones 1-8, en donde:  
desarrollar una o más separaciones de clasificación por aspereza en la suspensión o desarrollar una o más separaciones de clasificación fina incluye separar la suspensión utilizando una disposición de uno o más separadores de densidad; y desarrollar una o más separaciones de densidad en la mezcla de separación incluye separar la mezcla de separación utilizando la disposición de uno o más separadores de densidad.
- 15 10. El método de una de las reivindicaciones 1-9, en donde:  
el uno o más materiales de medio particulado incluye uno o más de magnetita, dióxido de titanio, arena o ferrosilicato.
11. El método de una de las reivindicaciones 1-10, en donde:  
20 la mezcla a ser separada incluye uno o más metales.
12. El método de una de las reivindicaciones 1-11, en donde:  
el uno o más materiales de medio particulado incluye magnetita y el medio clasificado incluye partículas de magnetita que tienen un tamaño de distribución de partícula en el rango de aproximadamente 5 a aproximadamente 30 micras.
- 25 13. El método de la reivindicación 12, en donde:  
el uno o más materiales de medio particulado incluyen magnetita y el medio clasificado incluye partículas de magnetita que tienen un tamaño de distribución de partícula en el rango de aproximadamente 5 a aproximadamente 25 micras.
14. El método de la reivindicación 1, en donde:  
30 separar la primera fracción en un segundo separador de densidad incluye generar la tercera fracción y una cuarta fracción, la tercera fracción incluye una gran cantidad de líquido que la cuarta fracción.
15. El método de la reivindicación 1, en donde:  
35 el primer separador de densidad es un hidrociclón y el segundo y tercero separadores de densidad son separadores de vórtice cilíndrico.
16. El método de la reivindicación 1, en donde: el primer separador de densidad es un separador de vórtice cilíndrico y el segundo y tercero separadores de densidad son separadores de hidrociclón.

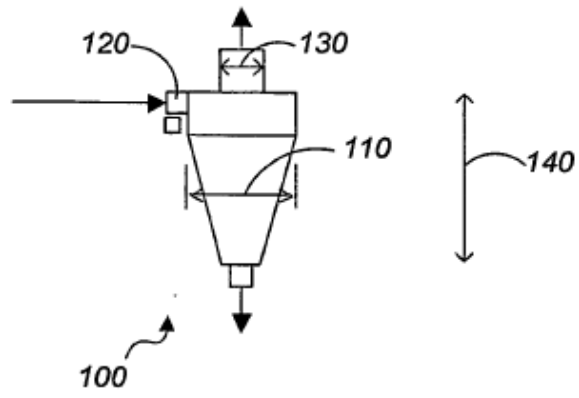


Fig.\_1

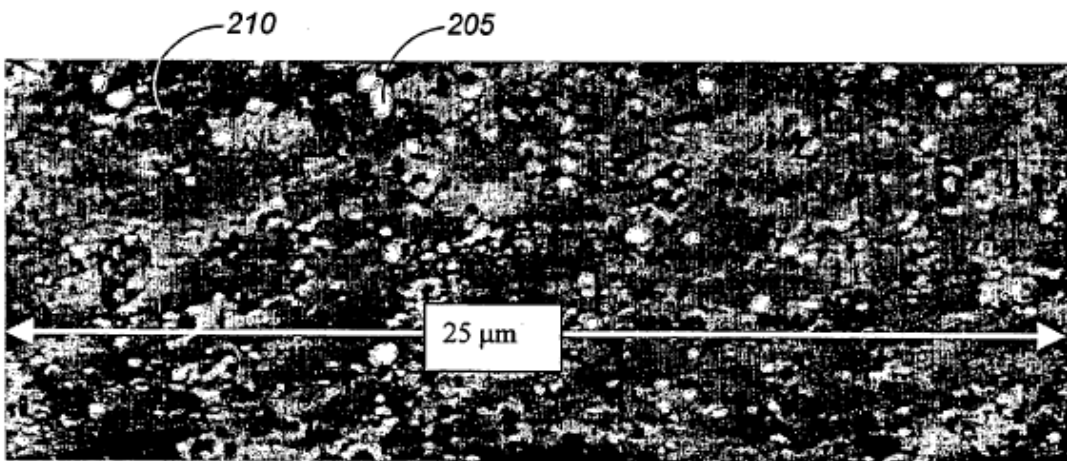


Fig.\_2A

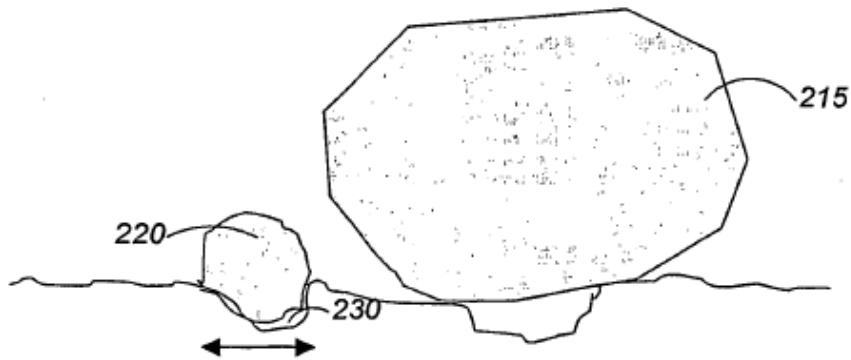


Fig.\_2B



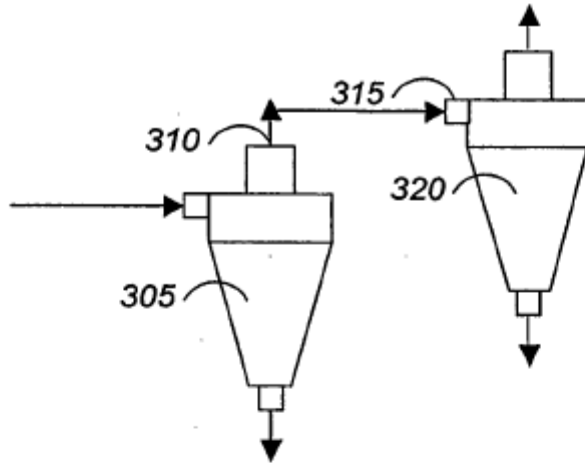


Fig.\_3

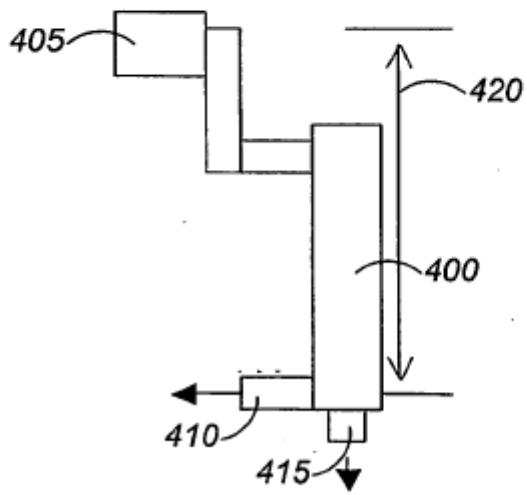


Fig.\_4

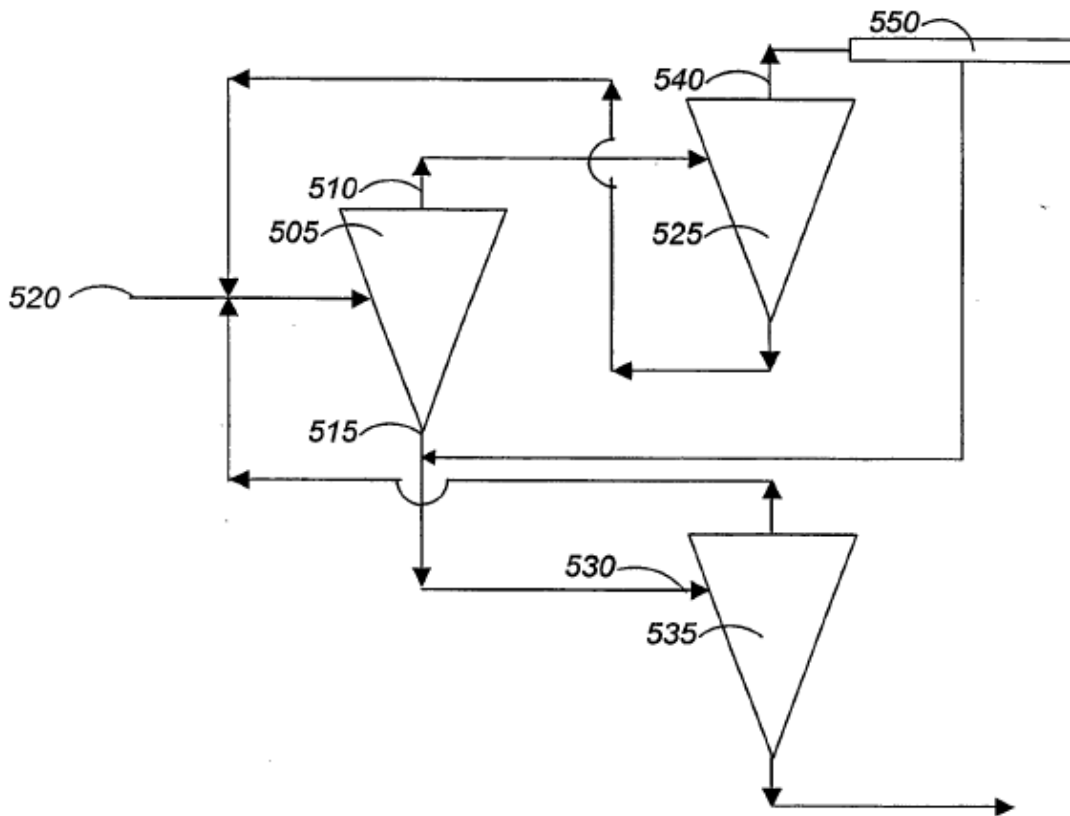


Fig.\_5