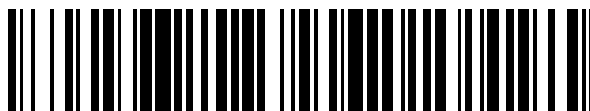


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 375 559**

51 Int. Cl.:
B03C 7/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03765935 .6**

96 Fecha de presentación: **22.07.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1572370**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.09.2005**

54 Título: **MEDIACIÓN EN SEPARACIONES ELECTROSTÁTICAS.**

30 Prioridad:
22.07.2002 US 397980 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
02.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
02.03.2012

73 Titular/es:
**MBA POLYMERS, INC.
500 WEST OHIO AVENUE
RICHMOND, CA 94804, US**

72 Inventor/es:
**ALLEN, Laurence, E. III y
RIISE, Brian, L.**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

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).

ES 2 375 559 T3

DESCRIPCIÓN

Mediación en separaciones electrostáticas

CAMPO TÉCNICO

Esta invención se refiere a la separación de materiales y el reciclaje de plásticos.

5 ANTECEDENTES

Al generar más de 10 millones de toneladas métricas de material, cientos de miles de millones de dólares de producción por año, y ser responsables de aproximadamente millones de empleos, los plásticos y los negocios relacionados representan la cuarta mayor industria en los Estados Unidos. Sin embargo, a diferencia de otras industrias de los materiales tales como acero y aluminio, esta industria depende casi únicamente de materia prima no renovable, principalmente petróleo importado. Esta dependencia se hace aún más significativa a medida que la velocidad de crecimiento de los plásticos continúa para dejar atrás la de todos los otros materiales.

La mayoría del plástico suministrado por los fabricantes actuales acaba su vida en vertederos o incineradoras simplemente debido a que no ha estado disponible la tecnología para recuperarlo económicamente. La Environmental Protection Agency estima que la cantidad de plástico en los residuos sólidos municipales creció desde menos de 1 millón de toneladas métricas antes de 1960 a más de 20 millones de toneladas métricas para 2000. La legislación sobre reutilización y responsabilidad de los productores está haciéndose crecientemente común para ayudar a hacer frente a las cantidades de plásticos que se producen.

Los artículos duraderos, tales como automóviles, electrodomésticos y equipos electrónicos, representan aproximadamente un tercio de los plásticos en los residuos sólidos municipales. Los artículos duraderos se están recogiendo y reciclando parcialmente de forma creciente al final de sus vidas útiles para evitar los costes de eliminación y los riesgos potenciales, y para recuperar metales y otras materias primas comercializables.

La recuperación de plásticos de artículos duraderos requiere una materia prima rica en plástico. Los automóviles, los electrodomésticos y los aparatos electrónicos generalmente contienen metales. Generalmente, el contenido de metales es superior que el contenido de plásticos (típicamente, el contenido de plásticos es menor de 30%) en estos artículos, de modo que una operación de recuperación de metales debe preceder a la recuperación de plástico. La mayoría de las operaciones de recuperación de metales requieren equipo de trituración a fin de liberar económicamente metales de piezas enteras. Las operaciones de recuperación de plástico a gran escala deben ser capaces de extraer esta materia prima rica en plástico a partir de un número de operaciones de recuperación de metales.

La mayoría de las piezas de plástico procedentes de corrientes de artículos duraderos presentan retos únicos que no son satisfechos por los procedimientos de limpieza y clasificación de botellas de plástico desarrollados para materiales de alimentación curvilíneos. La principal práctica actual para la recuperación de chatarra altamente contaminada es la separación a mano realizada en el extranjero con un coste medioambiental local significativo. Los retos para reciclar plásticos procedentes de artículos duraderos incluyen: múltiples tipos de plástico, múltiples clases resinosas de plástico (puede haber más de 50 clases diferentes de un tipo de resina plástica, tales como acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS)); cargas, refuerzos y pigmentos; metal; pintura y revestimientos metálicos; y tamaños y conformaciones altamente variables de las piezas.

Una clase de plástico es una formulación de material plástico con un conjunto particular de características o propiedades físicas elegidas. Las características o propiedades físicas particulares de una clase son controladas por la composición química de los polímeros de la clase, los pesos moleculares promedio y las distribuciones de pesos moleculares de los polímeros de la clase, la morfología del caucho para clases modificadas para los impactos, y el grupo de aditivos de la clase.

Las diferentes clases de un tipo de plástico dado son generalmente compatibles. Generalmente, las clases pueden mezclarse en estado fundido para crear un nuevo material con un perfil de propiedades diferente. Por otra parte, los diferentes tipos de plástico generalmente no pueden combinarse en estado fundido tan fácilmente a no ser que dé la casualidad de que los tipos sean compatibles. A menudo se evita combinar diferentes tipos de plástico tales como poliestireno de alta resistencia a los impactos (HIPS) y ABS, excepto en situaciones especiales.

Proveedores típicos de materiales de alimentación ricos en plásticos son recicladores o trituradores de metales que pueden procesar un número de tipos de artículos duraderos en una sola instalación. Por lo tanto, los materiales de alimentación derivados de artículos duraderos pueden ser mezclas altamente variables de diferentes tipos de artículos duraderos. Generalmente, los plásticos se rompen en partículas que típicamente tienen un tamaño de

menos de aproximadamente 100 mm, tales como escamas o pelets. Las partículas pueden formarse a partir de un solo material o una combinación de materiales, tales como diversos plásticos, caucho, metal u otros materiales.

A fin de crear productos de alto valor, el procedimiento de reciclaje de plástico debe ser capaz de separar corrientes altamente mixtas sobre una base de escama por escama para alcanzar altos grados de rendimiento de productos con pureza aceptable. Métodos tales como separación por densidades, alteración diferencial de densidad, flotación de espumas, clasificación por colores y separación triboelectrostática (TES) se han usado solos o en combinación para alcanzar alguna purificación de los plásticos derivados de artículos duraderos, según se describe, por ejemplo, en la Patente de EE. UU. N° 6.238.579, la Patente de EE. UU. N° 6.335.376, la Patente de EE. UU. N° 5.653.867, la Patente de EE. UU. N° 5.399.433 y la Solicitud Provisional de EE. UU. N° 60/397.980, presentada el 22 de julio de 2002. La pureza aceptable depende del plástico principal y los contaminantes. WO 98/2808 A tiene relación con la separación triboelectrostática y propone usar un dispositivo que comprende un material que es capaz de mediar en la carga triboeléctrica. EP 0 644 463 propone usar sales poliméricas para mediar en la carga triboeléctrica.

Un procedimiento de separación triboelectrostática se conoce de WO 00/54885 A. En este procedimiento, un medio particulado que tiene una posición seleccionada dentro de una secuencia de carga electrostática se añade a una mezcla que ha de separarse de acuerdo con las propiedades electrostáticas de los componentes.

La TES es una técnica de bajo coste conocida para separar una mezcla de plásticos simple debido a que tiene un requerimiento energético insignificante y el dispositivo es bastante simple. Debido a su gran potencial para la aplicación en la separación y la purificación de plásticos a partir de artículos duraderos, la TES es una de las técnicas que pueden emplearse en plantas de reciclaje de plásticos.

La TES es una técnica relativamente simple. Típicamente, las partículas ganan o pierden electrones cuando entran en contacto con otras partículas o con piezas del equipo de procesamiento en un separador de TES. Tal carga por contacto o fricción se conoce como carga triboeléctrica, según se describe, por ejemplo, en W. R. Harper, Contact and Frictional Electrification, Oxford University Press, 1967.

En la separación TES, el material de alimentación se carga en un dispositivo de carga. El material cargado se hace pasar a continuación a través de un campo eléctrico de alto voltaje en el separador de TES de modo que el material se desvíe dependiendo de su relación de carga a masa. Según se muestra en el separador 100 de TES de la FIG. 1, una región 105 de separación electrostática del separador 100 de TES incluye electrodos 110, 115 negativo y positivo. A medida que la alimentación de plástico cae por gravedad a través de la región 105 de separación, el plástico 120 cargado positivamente se desvía hacia el electrodo 110 negativo y el plástico cargado negativamente se desvía hacia el electrodo positivo. Al final de la región 105 de separación, se dispone una pantalla para desviar la corriente de material de alimentación original a diferentes recipientes de recogida. Por ejemplo, un material con una velocidad inicial cero que cae verticalmente a través de un campo eléctrico horizontal se desvía horizontalmente en una cantidad proporcional a la relación de carga a masa de la partícula, según se muestra en la Ecuación 1.

$$(1) \quad \frac{d}{L} = \frac{qE}{mg} \propto \frac{q}{m}$$

En la práctica, esta desviación varía de varios centímetros a medio metro. La porción en el medio de la región de separación, los entrefinos, tiene generalmente una carga que está entre los materiales que se desvían en cualquier dirección, o cerca de la neutralidad.

Una de las dificultades encontradas en la TES es el hecho de que hay una distribución de relaciones de carga a masa en cualquier especie de una mezcla. Esto significa que también habrá una distribución de desviaciones de partículas después de caer a través de un campo eléctrico. Cuanto más amplia es esta distribución, menos probable será separar diferentes tipos de materiales. A fin de alcanzar una separación coherente con productos de alta pureza, puede ser importante controlar las relaciones de carga a masa de partículas alimentadas al separador de TES, según se describe, por ejemplo, en la Solicitud Internacional N° PCT/US03/11642, presentada el 14 de abril de 2003, que se incorpora en la presente memoria mediante referencia. La distribución de relaciones de carga a masa que determina la distribución de desviaciones de partículas incluye una contribución de una distribución de carga por superficie específica y una contribución de una distribución de superficie específica a masa. Controlar las distribuciones de carga a superficie específica y superficie específica a masa conduce a unas separaciones más coherentes y adecuadas. Técnicas para controlar la relación de superficie específica a masa de mezclas alimentadas a un separador de TES desarrolladas por MBA Polymers se describen en la Solicitud Provisional de EE. UU. de cesionario común N° 60/397.948, presentada el 22 de julio de 2002, que se incorpora mediante referencia en la presente memoria.

La Patente de EE. UU. de cesionario común N° 6.452.126 describe una técnica conocida como "separación triboelectrostática mediada" que permite una carga más coherente y eficaz de plásticos en mezclas tan complejas y variables como plásticos desechados por los consumidores. La mediación controla la carga por superficie específica de las partículas que han de separarse al añadir un componente adicional conocido como "medio" a la mezcla. El medio puede incluir un solo componente o múltiples componentes. El medio se añade a la mezcla en tal exceso que la carga sobre los componentes que han de separarse es controlada solamente por su capacidad de carga relativa al medio.

SUMARIO

Los plásticos de diferentes tipos y clases tienen una amplia variedad de propiedades físicas. Típicamente, cada tipo y clase de plástico se selecciona para el uso basándose en aquellas propiedades físicas que cumplen los requerimientos del uso. Así, es valioso recuperar una corriente bastante pura de partículas de plástico de una mezcla de plásticos, tal como una mezcla obtenida a partir de una alimentación de plástico reciclado, de modo que los plásticos puedan usarse de nuevo. Un separador triboeléctrico es un sistema que puede usarse para recuperar tal corriente pura. Para mejorar el comportamiento del separador triboeléctrico, se añade medio a la mezcla para cargar las partículas y asegurar una carga coherente con cada clase y tipo de plástico. Sin embargo, añadir un nuevo material (medio) a la mezcla de plásticos puede ser antitético para el objetivo de la separación. La invención proporciona técnicas para potenciar la separación de plásticos y mejorar los productos plásticos derivados de la separación usando medio, al retirar el medio del plástico recuperado o dejar que una porción beneficiosa del medio permanezca con las corrientes de plástico recuperadas.

En general, en un aspecto, la invención presenta métodos para separar una mezcla de polímeros. Se proporciona una mezcla que incluye componentes poliméricos. Un medio particulado se añade a la mezcla, donde el medio particulado puede mediar selectivamente en una carga triboeléctrica de la mezcla de polímeros. El medio incluye un material polimérico que tienen una posición seleccionada dentro de una secuencia de carga electrostática y un aditivo funcional. La mezcla se carga triboeléctricamente con el medio. Dos o más componentes de la mezcla de polímeros se separan de acuerdo con la carga triboeléctrica. Una porción del medio particulado se recupera usando un procedimiento convencional. El aditivo funcional se selecciona por la compatibilidad con el procedimiento de recuperación. En general, en otro aspecto, la invención proporciona métodos para preparar un medio para el uso en la separación de una mezcla de polímeros mediante separación triboeléctrica. Los métodos incluyen seleccionar uno o más materiales poliméricos que han de usarse en un medio de carga en una separación triboeléctrica de una mezcla de polímeros, seleccionar uno o más aditivos funcionales de acuerdo con un procedimiento de recuperación del medio que ha de usarse en la separación triboeléctrica, y combinar los materiales poliméricos seleccionados y los aditivos funcionales seleccionados para generar un medio particulado para el uso en la separación triboeléctrica.

En general, en otro aspecto, la invención proporciona un sistema para separar una mezcla de polímeros. El sistema incluye un medio de carga particulado para mediar selectivamente en una carga triboeléctrica de una mezcla de polímeros, una cámara de carga para cargar triboeléctricamente la mezcla de polímeros y el medio de carga, una cámara de separación para separar dos o más componentes poliméricos cargados de la mezcla de polímeros de acuerdo con la carga triboeléctrica, y un dispositivo de recuperación de medio para recuperar al menos una porción del medio de carga de acuerdo con un procedimiento de recuperación de medio. El medio de carga incluye uno o más materiales poliméricos adecuados para mediar selectivamente en la carga de la mezcla de polímeros. El medio de carga incluye un material polimérico que tiene una posición seleccionada dentro de una secuencia de carga electrostática. El medio de carga incluye uno o más aditivos funcionales compatibles con el procedimiento de recuperación de medio.

Implementaciones particulares de estos pueden incluir una o más de las siguientes características. La recuperación puede realizarse bien antes o bien después de la separación. El procedimiento de recuperación puede ser un procedimiento de recuperación magnética, un procedimiento de clasificación por colores o un procedimiento de separación por densidades y el aditivo funcional puede ser un material ferromagnético, un material coloreado o un material que aumenta la densidad para cada uno de los respectivos procedimientos. El procedimiento de recuperación puede basarse en el grosor o una relación de superficie a masa y el aditivo funcional puede ser un agente espumante. El procedimiento de recuperación puede incluir recoger una fracción media neutra en un separador triboeléctrico y el aditivo funcional puede ser un material conductor. En sistemas que implementan tales procedimientos, el dispositivo de recuperación del medio puede incluir un separador triboeléctrico. El aditivo funcional puede ser un material conductor, y la separación y la recuperación pueden incluir hacer pasar la mezcla y el medio cargados a través de un campo eléctrico para hacer que los componentes y el medio se desvíen en diferentes cantidades y así se separen.

En general, en otro aspecto, la invención presenta métodos y sistemas para separar una mezcla de polímeros. Se añade un medio a una mezcla de componentes poliméricos. El medio se selecciona para que sea un compatibilizador para reducir la energía interfacial en una combinación elegida de uno de los componentes poliméricos y un polímero incompatible al concentrarlo preferentemente en una interfase entre el componente y el polímero incompatible. La mezcla de polímeros se separa de modo que se genere un producto polimérico que

incluya la combinación elegida y compatibilizador. En implementaciones particulares, el polímero incompatible puede ser un componente de la mezcla de polímeros. El compatibilizador puede tener una afinidad para el componente polimérico y el polímero incompatible. El compatibilizador puede incluir un copolímero del componente y el polímero incompatible.

- 5 En general, en otro aspecto más, la invención proporciona sistemas para separar materiales poliméricos. Los sistemas incluyen un clasificador de rodillos y una cámara de separación para separar los dos o más componentes poliméricos cargados de la mezcla de polímeros basándose en una carga triboeléctrica. El clasificador de rodillos incluye cilindros rotatorios revestidos con un material que incorpora un medio de carga para mediar selectivamente en una carga triboeléctrica de dos o más componentes de una mezcla de polímeros. El revestimiento puede ser una película delgada o una pintura que incorpora el medio de carga.

- 15 En general, en otro aspecto, la invención proporciona métodos adicionales para separar una mezcla de polímeros. Los métodos incluyen proporcionar una mezcla que incluye componentes poliméricos, añadir a la mezcla un medio particulado para mediar selectivamente en una carga triboeléctrica de la mezcla de polímeros, cargar eléctricamente el medio con una fuente de alto voltaje, cargar triboeléctricamente la mezcla con el medio cargado, y separar dos o más componentes de la mezcla de polímeros de acuerdo con la carga triboeléctrica. El medio de carga incluye un material polimérico que tiene una posición seleccionada dentro de una secuencia de carga electrostática y un aditivo conductor. El método puede incluir además descargar el medio cargado después de la carga triboeléctrica, y recuperar el medio descargado como una fracción neutra en un separador triboeléctrico.

- 20 En general, en otro aspecto, la invención proporciona métodos adicionales para separar una mezcla de polímeros. Los métodos incluyen proporcionar una mezcla que incluye componentes poliméricos, añadir a la mezcla un medio particulado para mediar selectivamente en una carga triboeléctrica de la mezcla de polímeros, cargar triboeléctricamente la mezcla con el medio y separar dos o más componentes de la mezcla de polímeros de acuerdo con la carga triboeléctrica. El medio de carga puede incluir un material polimérico que tiene una posición seleccionada dentro de una secuencia de carga electrostática, y un aditivo ferromagnético.

- 25 Realizaciones particulares pueden incluir una o más de las siguientes características. El medio puede reciclarse después de la separación. Reciclar el medio después de la separación puede incluir recircular una corriente de entrefinos procedente de una separación ternaria de la mezcla. Separar el medio puede incluir separar solo una porción del medio de los componentes de la mezcla. El medio puede incorporarse en un dispositivo de carga. El dispositivo de carga puede estar construido al menos en parte por el medio. Al menos una porción del dispositivo de carga puede revestirse con una capa del medio. La capa del medio puede aplicarse como pintura o como una película delgada.

- 35 El medio puede incluir uno o más aditivos que mejoran la capacidad de recuperación del medio. Los aditivos pueden incluir materiales conductores, materiales ferromagnéticos, colorantes, aditivos de aumento de la densidad o agentes espumantes. Los medios que incorporan materiales ferromagnéticos pueden separarse de la mezcla usando imanes. Los materiales ferromagnéticos pueden incluir un polvo ferromagnético tal como polvo de hierro o magnetita. Los medios que incorporan colorantes pueden separarse de la mezcla usando un clasificador por colores. Los medios que incorporan materiales de aumento de la densidad pueden separarse usando técnicas de separación por densidades. Los medios que incorporan agentes espumantes pueden separarse al calentar la mezcla para activar el agente espumante y separar partículas de medio de la mezcla basándose en el grosor o la relación de superficie a masa. Los aditivos pueden incluir materiales que incrementan la conductividad del medio.

- 40 El medio puede incluir uno o más materiales que no necesitan recuperarse completamente de la mezcla (o recuperarse en absoluto). El medio puede incorporar un material que funciona como un compatibilizador de uno o más materiales de la mezcla. El medio puede formarse a partir del material compatibilizante, o el compatibilizador puede incorporarse como un aditivo. El compatibilizador puede tener un conjunto de propiedades triboeléctricas entre las de dos componentes de la mezcla. El compatibilizador puede tener una constante dieléctrica entre las constantes dieléctricas de dos componentes de la mezcla.

- 45 El medio puede incluir una combinación de dos o más materiales. Uno o más de los materiales de la combinación puede ser un componente o componentes de la mezcla que ha de separarse. Los materiales de la combinación pueden seleccionarse para proporcionar un medio combinado que se carga intermedidamente entre dos o más componentes de la mezcla que ha de separarse. El medio combinado puede prepararse al extruir los dos o más materiales conjuntamente en una relación predeterminada.

- 50 A fin de controlar eficazmente cómo carga el medio las mezclas de alimentación, debe controlarse la carga en el medio. Se describen posteriormente métodos tales como desionización, retirada y control de polvo, lavado del medio en un líquido tal como agua o agua con aditivos para potenciar la limpieza, adición constante de una fracción controlada de medio regenerado procedente de un depósito y el uso de medio conductor.

La invención puede implementarse para proporcionar una o más de las siguientes ventajas. Recuperar el medio antes o después de la separación reduce el coste asociado con la preparación o adquisición del medio, y puede conducir al aislamiento de productos más puros a partir de separación triboeléctrica. Incorporar aditivos al medio de carga puede mejorar la capacidad de recuperación del medio. Incorporar un material conductor o ferromagnético al medio puede reducir el almacenamiento de carga sobre el medio y puede proporcionar más control sobre la carga que el medio aplica a la mezcla. Además, una mezcla de alimentación de plástico y medio ferromagnético puede agitarse con barras o removedores fuertemente imantados. Usar técnicas de recuperación basadas en factores distintos al tamaño de partícula puede mejorar el rendimiento del procedimiento de separación. Incorporar compatibilizadores al medio, o seleccionar como el medio materiales que también pueden funcionar como un compatibilizador para dos o más componentes de la mezcla, puede evitar la necesidad de recuperar o separar el medio de los productos resultantes y puede dar como resultado productos que tienen propiedades mejoradas.

Una recuperación de medio potenciada generalmente reduce la cantidad de medio que se necesita, reduciendo de ese modo la fabricación de medio. Si existen técnicas para recuperar fácilmente medio de las mezclas, la forma precisa del medio, tal como el tamaño y la geometría, puede ser menos crucial, permitiendo métodos de fabricación económicos y simples, tales como peletización.

Los detalles de una o más realizaciones de la invención se indican en los dibujos adjuntos y la descripción posterior. A no ser que se defina otra cosa, todos los términos técnicos y científicos usados en la presente memoria tienen el significado entendido comúnmente por un experto normal en la especialidad a la que pertenece esta invención. Todas las publicaciones, solicitudes de patente y otras referencias mencionadas en la presente memoria se incorporan mediante referencia en su totalidad. En caso de conflicto, controlará la presente memoria descriptiva, incluyendo las definiciones. Otras características y ventajas de la invención serán evidentes a partir de la descripción, los dibujos y las reivindicaciones.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIG. 1 es un diagrama esquemático que muestra cómo las partículas cargadas se desvían en un campo eléctrico.

La FIG. 2 es un diagrama esquemático que describe un sistema para la recuperación parcial de medio.

La FIG. 3 muestra una disposición ejemplar de un sistema de alimentación de TES mediada con medio ferromagnético.

Números de referencia y denominaciones similares en los diversos dibujos indican elementos similares.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Una mezcla constituida por dos o más componentes de material plástico puede separarse usando un separador de TES. Sin embargo, el separador de TES es sólo tan eficaz como la coherencia de la distribución de carga a masa y la carga a superficie específica de cada componente de la mezcla de plásticos. Añadir medio a la mezcla de plásticos controla la carga triboeléctrica de los componentes de la mezcla de plásticos, particularmente cuando el medio se selecciona para tener una característica de carga que está en algún lugar entre las características de carga de los componentes de la mezcla de plásticos. Así, cuando se selecciona un medio para cargar triboeléctricamente la mezcla de plásticos, un factor en el procedimiento de selección puede ser la característica de carga del medio.

Otro factor en el procedimiento de selección puede ser que el medio vaya a incorporarse en uno o más de los productos plásticos o, a la inversa, separarse de los productos de la mezcla de plásticos. Si el medio va a separarse, el medio puede seleccionarse o fabricarse para tener características que faciliten la retirada. Alternativamente, en algunos casos, el medio no se separa y al menos una porción del medio permanece en uno o más productos. Cuando el medio no se separa, el medio puede seleccionarse para ser un compatibilizador para el producto cuando se mezcla con otra clase o tipo de plástico.

En algunos casos, puede ser deseable recuperar el medio usado para controlar la carga de mezclas de escamas de plástico en la separación triboeléctrica. Puesto que el medio de carga típicamente está especialmente formulado con respecto a sus propiedades de carga y puesto que puede producirse en una geometría habitual, el medio puede ser bastante costoso. Además, se requieren cantidades de medio relativamente grandes para dar suficiente superficie específica para la carga. Sin altas velocidades de recuperación del medio, usar un procedimiento de carga mediado puede ser costoso, y puede introducir componentes no deseados en el producto final.

Una técnica para permitir la recuperación del medio es fabricar el medio de un tamaño o grosor diferentes que la mezcla de escamas que ha de cargarse. Partículas de medio mayores o más gruesas pueden separarse de

escamas más pequeñas bien antes o bien después de la caída a través de un separador de TES, y así pueden recuperarse eficazmente. Puede usarse tamizado o sedimentación vibratoria para separar el medio de la mezcla si los dos tienen un tamaño sustancialmente diferente. Típicamente, se requieren grandes cantidades de medio cuando las partículas del medio son más grandes o más gruesas que las escamas de la mezcla. Además, la fabricación de partículas de medio mucho más grandes puede ser relativamente costosa. Si el medio se recupera mediante tamizado, debe ser bien más pequeño o bien más grande que la mezcla. Típicamente, la mezcla que ha de separarse se tritura bastante finamente, de modo que puede alcanzarse una relación máxima de carga a masa. Cuando las escamas de la mezcla ya son pequeñas, puede ser difícil recuperar un medio más pequeño eficazmente. Además, las partículas muy pequeñas con una alta relación de superficie a masa tienden a pegarse sobre las superficies y pueden ser difíciles de recuperar. Usar medios más grandes puede evitar estos problemas. Fabricar un medio más grande puede incluir: moldear por inyección discos de alta superficie específica a masa, o extruir y cortar pelets, discos delgados o una lámina.

Si las partículas del medio tienen una relación de superficie a masa muy baja (partículas voluminosas), no es probable que adquieran suficiente carga para alcanzar una relación de carga a masa lo bastante grande para desviarse muy lejos horizontalmente en la TES. Por lo tanto, la gran mayoría de partículas del medio de baja superficie a masa típicamente puede recuperarse en la fracción de salida central de la TES. Esta fracción central típicamente se recircula de nuevo al dispositivo de carga de la TES, de modo que se pierden muy pocas partículas de medio. El comportamiento del separador puede potenciarse mediante la incorporación de aditivos en el medio que reducen adicionalmente la relación de carga a masa al añadir masa o permitir que la carga se lleve tierra por conductancia.

Alternativamente, o además, un material de medio puede incorporarse permanentemente en el dispositivo de carga. Por ejemplo, si el material del medio se incorpora en un alimentador vibratorio que se usará en la separación, no hay necesidad de una separación especial del medio de la mezcla de alimentación. De forma similar, un dispositivo de carga puede revestirse con una película delgada de medio - por ejemplo, al pintar o unir una lámina de película delgada que incorpora el medio sobre una superficie del dispositivo de carga. La película delgada puede formarse a partir de los mismos materiales usados en medios sueltos, tales como plástico y aditivos funcionales. Incorporar aditivos funcionales, tales como materiales conductores o cargas antiestáticas, puede evitar que la película delgada acumule una abundancia de carga. Si el medio se pinta sobre el dispositivo, la pintura puede ser una película colada en solución con la misma composición que la de películas plásticas extruidas. La pintura o la lámina puede elegirse para tener propiedades de carga apropiadas y puede retirarse o reaplicarse o rehacerse tan frecuentemente como sea necesario para asegurar que el medio siga siendo capaz de cargar la mezcla apropiadamente.

En otra técnica de carga, una película de carga se envuelve alrededor de cilindros rotatorios apareados con un hueco ajustable. Los cilindros pueden inclinarse a lo largo de la longitud del dispositivo de separación para permitir que la mezcla entre en contacto con el cilindro y caiga cuando el hueco sea lo bastante ancho para que las partículas caigan a través del TES. La mezcla de plásticos se extiende longitudinalmente a lo largo del espacio entre placas o rodillos cargados. Esto permite que la mezcla se segregue en componentes delgados y gruesos de modo que las partículas con relación de carga a masa apropiada puedan alimentarse a diferentes áreas del separador cuando el separador tiene una configuración de campo o intensidad diferente en un área que en otra. Pueden usarse medios sueltos además de la lámina delgada.

Otra técnica de mediación más incluye revestir continuamente un dispositivo de alimentación conductor con un lecho de partículas de medio de alta densidad aparente que se segregan preferentemente a la superficie del dispositivo debido a su mayor densidad aparente. Si las partículas de medio tienen una propiedad ferromagnética, pueden ser atraídas preferentemente hacia la superficie del alimentador o el dispositivo de carga usando imanes sobre, dentro o bajo la superficie del dispositivo independientemente de la densidad del medio.

Uno o más aditivos funcionales pueden incorporarse al medio para facilitar la recuperación del medio de los componentes de la mezcla de polímeros. Por ejemplo, puede añadirse material ferromagnético al medio de modo que puedan usarse imanes, o un dispositivo que incluye imanes, para separar el medio de la mezcla en escamas. Puesto que la geometría del medio tendrá poco o ningún efecto sobre la capacidad de recuperación de tal medio, el medio puede prepararse en cualquier tamaño y geometría que sea conveniente producir.

Medios que incorporan un aditivo ferromagnético pueden prepararse al incorporar un material ferromagnético tal como un polvo ferromagnético en un material de medio plástico. Puede usarse cualquier tipo de material ferromagnético que sea compatible con el material de medio deseado y las técnicas usadas para combinar el medio y los materiales ferromagnéticos. En realizaciones particulares, se ha encontrado que son aceptables polvo de magnetita, fibras metálicas, negro de carbono y polvo de hierro.

El tamaño de partícula del polvo ferromagnético generalmente puede ser tan pequeño como 1 micra hasta tan grande como 3 mm. Los polvos más grandes tienen una superficie específica más pequeña y es menos probable que interfieran con las propiedades de carga del medio. Los materiales ferromagnéticos que tienen tamaños de partícula más gruesos de 3 mm pueden provocar un desgaste no deseable sobre piezas - por ejemplo, sobre el

cuerpo de la extrusora - durante la extrusión del medio. Sin embargo, esto no es necesariamente una limitación si es aceptable un desgaste alto. Si se usa una técnica formadora de pelets diferente, tal como el corte de una lámina que se prensa en caliente, el tamaño grueso del material ferromagnético puede ser menos problemático y el tamaño de partícula del material ferromagnético puede ser tan grande como 8 mm.

- 5 El medio que incorpora aditivos ferromagnéticos puede prepararse usando técnicas convencionales, tales como peletización. Alternativamente, el medio puede prepararse al revestir partículas (p. ej., esferas o cilindros) de material ferromagnético con un medio deseado. Por ejemplo, pueden prepararse esferas o cilindros de 0,5 a 8 mm revestidos con el medio de carga seleccionado. Una técnica de revestimiento con alambre puede usarse así para formar el medio arrastrando un alambre ferromagnético a través de un dispositivo de revestimiento por extrusión y a continuación cortando el alambre en cilindros pequeños. Otra técnica de formación es estratificar una placa ferromagnética sobre ambas caras y a continuación cortar o picar en cubitos la placa en tozos de tamaño apropiado.

El medio puede incorporar tanto como alrededor de 90% en peso o tan poco como 2% en peso del material ferromagnético. En realizaciones particulares, se anticipa que será adecuado entre alrededor de 2% y alrededor de 60% en peso de material ferromagnético.

- 15 En una realización, un medio peletizado menor de 8 mm tiene material ferromagnético combinado en el plástico en aproximadamente 52% en peso. El aditivo ferromagnético es hierro en polvo con un tamaño de partícula menor de 200 micras. Este tamaño y cantidad de material ferromagnético permiten que el medio peletizado sea capturado por un imán en forma de placa desde una distancia de aproximadamente 150 mm.

- 20 Una ventaja particular de combinar un material ferromagnético conductor en polvo en el medio es que la conductividad del medio puede incrementarse sustancialmente. Esto reduce la acumulación de carga sobre el medio y da más control sobre la carga que el medio aplica a la mezcla. Los medios conductores pueden neutralizarse simplemente mediante contacto con una superficie puesta a tierra o pueden cargarse mediante contacto con una superficie conductora cargada. Si se usa un medio no conductor que no está neutralizado, puede acumularse una carga de una polaridad dada y será menos fácil aplicar a componentes de la mezcla un intervalo de carga amplio pero controlado de esa polaridad. Un medio conductor puede cargarse bien positivamente o bien negativamente con respecto a tierra para alterar el comportamiento de carga. Si el medio conductor alcanza una carga fuerte en una polaridad, puede crearse un intervalo de carga más amplio en la polaridad opuesta. Así, el medio conductor permite un control muy eficaz del comportamiento del medio debido a que permite que todo el medio tenga aproximadamente la carga deseada.

- 30 El medio conductor puede recuperarse fácilmente debido a que puede controlarse la carga sobre el medio. El medio puede cargarse para estar dentro de un intervalo, o la carga sobre el medio puede neutralizarse, de modo que el medio se concentra en una corriente rica en medio. La corriente rica en medio puede combinarse de nuevo en las partículas de la mezcla para la carga.

- 35 Debe apuntarse que el término "conductor" significa en este caso que la resistencia se disminuye en un intervalo que no permite la acumulación de carga puntual grande, según se observa en la mayoría de los plásticos estándar. Este intervalo de conductividad todavía podría ser demasiado bajo para medirlo con un medidor de conductancia estándar. La acumulación de carga estática puntual se hace difícil de medir a resistencias de muchos megaohmios por cm.

- 40 En una implementación, polvo de hierro con un tamaño de partícula nominal en el intervalo de 100-300 micras se usa en aproximadamente 30-50% en peso del medio. Esta mezcla puede extruirse y peletizarse en un sistema de peletización estándar. Incorporar el polvo de hierro permite una excelente carga de los componentes de la mezcla basándose en la interacción entre el agente de control de carga seleccionado en el pelet, mientras que permite que el pelet sea atraído fácilmente a un dispositivo de imán industrial estándar para la retirada de materiales ferromagnéticos de una mezcla que pasa. Tal imán puede ser un tambor, una correa cruzada u otra variedad de imán comúnmente empleada.

Otro beneficio de usar un medio con aditivos ferromagnéticos es que la mezcla puede agitarse eficazmente usando barras o removedores fuertemente imantados que se hacen rotar o se mueven dentro de la mezcla. El medio ferromagnéticamente cargado se adherirá a estos dispositivos de agitación magnética y la mezcla puede removerse sin peligro de que la mezcla entre en contacto con una superficie no mediada.

- 50 Los imanes rotatorios o móviles también pueden ponerse fuera del recipiente de carga y la mezcla puede agitarse en virtud del hecho de que el medio se moverá a medida que se muevan los imanes fuera del dispositivo de carga, de forma similar a como una barra de remoción puede usarse para agitar fluido en un vaso de precipitados de vidrio. Alternativamente, el dispositivo de carga simplemente puede inclinarse de modo que una agitación constante mueva el material de un extremo a otro.

También pueden incorporarse colorantes en el medio para facilitar la recuperación del medio. Colorantes tales como los usados típicamente para colorear plásticos pueden incorporarse en el medio. Para evitar la pérdida de porciones de la mezcla en escamas, el color elegido puede ser distinto de los colores encontrados en la mezcla en escamas. Puede realizarse clasificación por colores para recuperar tal medio después de la TES usando un dispositivo tal como un clasificador de colores comercial.

De forma similar, pueden añadirse al medio aditivos funcionales para incrementar la densidad del medio resultante. Aditivos adecuados pueden incluir materiales de alta densidad, tales como óxidos inorgánicos, polvos metálicos o fibras de vidrio. Los medios de densidad superior pueden recuperarse después de la TES usando técnicas de separación por densidades.

También puede añadirse al medio un agente espumante. Los agentes espumantes pueden incluir agentes de soplado típicamente usados para crear espumas estructurales plásticas. Cuando se usan agentes espumantes, el medio puede alimentarse al sistema en un estado compactado. Calentar en alguna fase antes de la extrusión de las escamas del producto activa el agente espumante, creando partículas de medio más grandes y más gruesas. Las partículas más grandes pueden separarse mediante dispositivos, tales como aspiradores de aire o clasificadores de rodillos, que pueden clasificar por superficie específica a masa y/o grosor.

La adición de aditivos conductores, tales como partículas de negro de carbono, fibras de acero inoxidable, polvos metálicos o agentes antiestáticos, también puede permitir la retirada del medio basada en la carga diferencial del material del medio con relación a los materiales que van a separarse. En este caso, el medio podría separarse en dispositivos aguas abajo tales como el TES. Un medio que incorpore suficientes cantidades de material conductor pueden cargarse cuando un material cargado eléctricamente (es decir, una fuente de alto voltaje) se pone en contacto con el medio conductor. Cargar eléctricamente el medio controla la carga que puede transferirse a las partículas que han de ser separadas por el separador de TES. De forma similar, debido al material conductor, el medio puede descargarse cuando entra en contacto con una toma de tierra eléctrica. Un medio con poca o ninguna carga tiende a no ser afectado por el separador de TES y, cuando el medio cae a través del separador, la mayoría del medio cae en (y puede recuperarse de) los entrefinos.

Otra estrategia para seleccionar un medio es usar como medio un material que también pueda funcionar como un compatibilizador para dos o más componentes poliméricos de la mezcla de polímeros. Los compatibilizadores pueden usarse para reducir la energía interfacial entre componentes poliméricos en una combinación al concentrarse preferentemente en la interfase. La concentración preferente en la interfase puede producirse cuando el compatibilizador tiene una constante dieléctrica entre las constantes dieléctricas de los dos componentes poliméricos. Una constante dieléctrica entre los dos componentes poliméricos sugiere que las propiedades de carga del compatibilizador deben ser intermedias entre los dos polímeros. Así, un solo material o múltiples materiales (p. ej., una mezcla de materiales) pueden servir tanto como un compatibilizador para materiales como un medio para la separación de materiales de la mezcla. Algo del medio puede recuperarse como parte del producto, permitiendo el control automático tanto de la TES como de la formulación.

En una realización, un medio que también puede funcionar como un compatibilizador puede ser un copolímero, tal como un copolímero de dos o más componentes poliméricos de la mezcla que ha de separarse. Una combinación de polímeros incompatibles A y B puede compatibilizarse al añadir copolímeros de bloques de A y B o copolímeros aleatorios de A y B. Los polímeros A y B también pueden compatibilizarse al añadir copolímeros de bloques o aleatorios de A y C, donde se preferiría que C fuera una matriz de B en lugar de una matriz de A. Los polímeros A y B también pueden compatibilizarse al añadir copolímeros de bloques o aleatorios de C y D, donde se prefiere que C sea uno de bien A o bien B y se prefiere que D esté en el otro polímero. Cualesquiera de estos materiales copoliméricos deben actuar como compatibilizadores para los polímeros A y B, y podría esperarse que tuvieran propiedades de carga intermedias entre A y B.

Posteriormente, considérese la separación de una mezcla binaria sin medio. Dos productos pueden recuperarse separando por arrastre la mezcla en la parte media del fondo de la cámara de separación de TES. El principal componente de la alimentación tenderá a tener una pureza de producto superior debido a que es capaz de cargar el componente secundario de modo que la gran mayoría del componente secundario termine sobre su propia cara del fondo del separador. El componente secundario tiende generalmente a tener una pureza de producto inferior.

Si se añade a la mezcla un medio con características de carga entre las de los dos componentes, las purezas de los dos productos tenderán a incrementarse, aunque la pureza del componente secundario permanecerá algo inferior. Si se deja caer a través del separador de TES con la mezcla, el medio tenderá a caer principalmente con el componente secundario, ya que adquiere gran parte de su carga del componente principal. Una cantidad menor de medio caerá con el componente principal. Si el medio es realmente un compatibilizador para la mezcla, se añadirá automáticamente de forma preferente al componente más necesitado de compatibilizador.

En muchos casos, puede esperarse que un material útil como un compatibilizador también sea útil como un medio para la misma mezcla, aunque no es posible encontrar un material fácilmente disponible y apropiado en todos los

casos. Puesto que el compatibilizador debe ir a las regiones interfaciales entre los dos polímeros de una combinación, un material seleccionado para funcionar como un compatibilizador bien debe tener una constante dieléctrica intermedia entre los dos polímeros, o bien debe contener bloques que sean compatibles con los dos polímeros (por ejemplo, al hacer reaccionar selectivamente con grupos funcionales en uno de los dos componentes poliméricos). En cualquier caso, las propiedades eléctricas del compatibilizador deben tender a ser intermedias (en promedio) con relación a los dos componentes. Materiales apropiados pueden identificarse al seleccionar un material o materiales que tengan las propiedades de carga o compatibilización deseadas – por ejemplo, seleccionando un compatibilizador conocido para el producto deseado – y probando el material para determinar si tiene propiedades de carga o compatibilización apropiadas – es decir, propiedades de carga entre las del material que ha de separarse.

En algunos casos es útil recuperar solo una porción del medio mientras se permite que algo del medio se quede con las corrientes de producto de TES. Por ejemplo, en algunos casos, puede requerirse una cantidad de medio mucho menor para la compatibilización que la que se requiere para la mediación. Si se requiere más medio para controlar la carga de lo que se desea en el producto, una porción del medio puede recuperarse.

Un ejemplo de recuperación parcial del medio es reciclar la corriente media (neutra) procedente de un separador de TES. Puesto que se espera que el medio se cargue en algún lugar entre los materiales obtenidos como producto que se cargan positivamente y negativamente, típicamente, una gran fracción del medio se separa en la corriente media. La Figura 2 ilustra una realización de un sistema 200 para la recuperación parcial de medio. Una alimentación 205 de plástico se introduce en un dispositivo 210 de carga con medio. El medio controla la carga de la alimentación 205 de plástico y el medio y la alimentación combinados se hacen caer a través de un separador 215 de TES. El resultado del separador 215 de TES es un producto cargado positivamente con una pequeña cantidad de medio 220, un producto cargado negativamente con una pequeña cantidad de medio 225 y los entrefinos 230, compuestos principalmente por medio. Los entrefinos entran en un dispositivo 235 de neutralización de carga y se reciclan de nuevo al dispositivo 210 de carga para ser usados en la carga de la siguiente partida de mezcla de alimentación. Una estrategia para la recuperación parcial tal como la que se muestra en la Figura 2 permite un rendimiento relativamente alto.

Un ejemplo beneficioso de recuperación parcial de medio es cuando el propio medio es un compatibilizador para las mezclas de productos. Puesto que un compatibilizador a menudo se añadirá a un producto cuando el producto está combinado con otro polímero, el uso de un solo material como compatibilizador y como medio de carga puede ser deseable, particularmente a la luz del hecho, analizado anteriormente, de que el medio tiende a segregarse en cantidades superiores en la fracción menos pura del producto de separación, donde la presencia de un compatibilizador puede ser más útil. Al proporcionar la recuperación parcial de medio en tales situaciones, es posible controlar la cantidad de compatibilizador que termina en los productos de separación.

Por ejemplo, supóngase que un compatibilizador C que tiene una propiedad de carga entre la de A y B se añade a una mezcla de A y B. La carga relativa de A, B y C depende al menos en parte de la cantidad de cada componente en la mezcla y la relación de superficie específica a masa de las partículas de A, B y C. Si la mayoría de la mezcla son partículas de A, las partículas de A hacen que B y C se carguen con el mismo signo. Como resultado, las partículas de C se segregarán en gran parte a la corriente de producto rica en B, segregándose una minoría de las partículas de C en la corriente rica en A. La corriente rica en B también puede incluir una fracción de las partículas de A.

La recuperación parcial del medio también puede implementarse cuando el medio es una mezcla de materiales, cuando una porción del medio contiene aditivos funcionales o es recuperable de otro modo de la mezcla antes o después de la TES según se describió anteriormente. El resto del medio se deja terminar en las corrientes de producto de TES.

Una TES mediada satisfactoria requiere que partículas de la mezcla de alimentación entren en contacto con una gran superficie específica total de partículas del medio. Cuanto mayor sea la superficie específica del medio, más eficaz es el medio para controlar las cargas sobre los componentes de la mezcla y menor será la carga sobre el medio. Una carga baja del medio concentra más el medio en los entrefinos (centro) de un separador de TES, lo que puede facilitar más la recuperación del medio si los entrefinos van a ser recirculados. Sin embargo, una gran superficie específica del medio puede limitar el rendimiento en un separador de TES - por ejemplo, cuando el medio debe tamizarse de la mezcla que cae en el separador, los trozos de medio más grandes disminuirán el rendimiento potencial al bloquear los orificios del tamiz lo suficiente para impedir el paso máximo por la mezcla de alimentación. Tales límites sobre el rendimiento pueden evitarse al usar otros métodos tales como los descritos anteriormente para la recuperación del medio. Uno de tales dispositivos para alimentar un separador de TES se describe en el Ejemplo 1.

El Ejemplo 2 demuestra que plásticos con tipos particulares de aditivos ferromagnéticos, tales como hierro, pueden tener propiedades de carga que son cualitativamente similares a las propiedades de carga de plásticos sin relleno.

Este resultado sugiere que si se encuentra una formulación de medio sin relleno, probablemente puede combinarse con aditivos ferromagnético que permiten su recuperación de los productos separados sin alterar su efecto sobre la carga de los componentes de la mezcla.

- 5 Otros materiales ferromagnéticos, tales como magnetita, pueden usarse como aditivos funcionales para plásticos. El Ejemplo 3 describe las propiedades magnéticas y de carga de un plástico con mineral de hierro (magnetita) añadido. Cuando se añade mineral de hierro al medio, la carga difiere del plástico base, generalmente en una cantidad proporcional a la cantidad de aditivos incluidos.

10 Un material de medio (esto es, el material que se usará para mediar en la carga, en oposición a cualquier otro material o aditivo que pueda estar presente por otras razones) se elige de modo que se produzca la carga de los componentes de una mezcla para efectuar mejor la separación. Por ejemplo, en una separación de mezclas de ABS y HIPS, se observó que una clase particular de policarbonato (PC) hacía que el ABS y el HIPS se cargaran con polaridades opuestas. Por lo tanto, esta clase de PC se elige para un medio en la separación de mezclas de ABS y HIPS. Para seleccionar el material del medio, las propiedades de carga de las partículas de la mezcla pueden determinarse experimentalmente y se selecciona un material o una combinación de materiales cuya carga sea intermedia a la de los componentes que han de separarse.

20 En una realización, un material con propiedades de carga intermedias de los componentes de una mezcla puede seleccionarse al construir una aleación o combinación polimérica que se carga intermedicamente a los componentes de la mezcla. Por ejemplo, el HIPS y el ABS son generalmente incompatibles, pero puede usarse una combinación de HIPS y ABS para crear pelets de medio que cargan eficazmente ABS y HIPS con una polaridad opuesta. Puede crearse una formulación para el medio en la extrusión de modo que se defina la característica de carga precisa del medio. La formulación puede seleccionarse al partir de una composición similar a la mezcla de la composición de la alimentación, o una mezcla que usa partes aproximadamente iguales de cada componente de la mezcla si las cantidades de cada componente en la mezcla no son constantes o son desconocidas. La composición puede ajustarse a continuación basándose en separaciones reales o de prueba para optimizar el medio. Alternativamente, los entrefinos del separador pueden usarse como material del medio. Los entrefinos pueden extruirse en pelets de un modo bien discontinuo o bien semicontinuo.

30 En una mezcla en la que dos componentes de la mezcla contienen un material similar a los constituyentes, tales como combinaciones de HIPS y poliestireno (PS) o HIPS y poli(óxido de fenileno) (PPO) PPO/HIPS o combinaciones de PS y PPO/HIPS. Tales pares de constituyentes a menudo se cargan de modo similar a la mayoría de los otros tipos de polímeros, lo que puede hacer difícil encontrar un medio que se cargue intermedicamente entre los dos constituyentes. Una técnica para crear un medio que se cargue intermedicamente entre tales componentes implica la creación de una combinación que tiene una composición intermedia a los dos materiales al combinarlos en el medio. Por ejemplo, el PS puede separarse de HIPS usando un medio que es esencialmente HIPS con más PS (y por consiguiente menos componente de caucho que se usa para endurecer PS y elaborar HIPS). Tal combinación puede crearse al extruir una mezcla del HIPS y el PS en una relación predeterminada. En una implementación, la relación de la extrusión es similar a la relación de materiales generalmente encontrada en los materiales mixtos.

40 Frecuentemente, se encuentran mezclas que contienen tres componentes en las que dos de los componentes son compatibles y uno es incompatible con cualquiera de los otros dos –por ejemplo, una mezcla de HIPS, una combinación de PPO/HIPS y ABS. Puede seleccionarse un medio que cargue los dos componentes compatibles (en este caso HIPS y la combinación de PPO/HIPS) a la misma polaridad y el componente incompatible a una polaridad opuesta. Esto puede efectuarse al crear un medio que tiene una composición muy similar al componente que se carga a un nivel intermedio dentro de la mezcla ternaria pero incrementando el contenido del medio en un producto químico o polímero que predeciblemente cambiará el componente que se carga de forma intermedia hacia el lado del otro componente con el que es compatible. Esto puede ser especialmente beneficioso si el objetivo de la separación es separar sustancialmente los dos componentes compatibles, como a menudo es el caso. Si el objetivo de la separación es aislar los tres componentes de tal mezcla, puede ser suficiente cambiar el componente intermedio sólo ligeramente hacia la carga del otro constituyente con el que es más compatible. Así, la separación más importante se efectúa con una eficacia ligeramente mayor, pero los tres componentes pueden purificarse. Esta técnica tal vez no sea posible si el componente que se carga de forma intermedia no es compatible con los otros dos componentes de la mezcla.

50 Una dificultad asociada con un medio elaborado a partir de materiales aislantes (tales como plásticos) es que la carga puede acumularse a lo largo del tiempo en el medio. La cantidad de carga del medio está determinada en parte por la composición de la mezcla de materiales que entran en contacto con el medio aislante. A no ser que se controle esta carga del medio, la eficacia del medio variará a lo largo del tiempo con la composición de la alimentación. Esta variación puede dar como resultado un comportamiento de TES incoherente. La acumulación de carga en el medio puede controlarse al neutralizar periódicamente la carga en el medio. Para un medio particulado, esto puede efectuarse al trasladar el medio (quizá junto con una porción de la mezcla de plásticos) por un dispositivo de neutralización de carga tal como un soplador de iones o aire. Con un medio fijo, tal como una película o un revestimiento incorporado en el dispositivo, el flujo de la mezcla de plásticos por el medio debe detenerse a medida

que el medio se somete a un procedimiento de neutralización de la carga. Alternativamente, la acumulación de carga en el medio puede limitarse al hacer el medio suficientemente conductor para que la carga pueda transferirse eficazmente a una toma de tierra eléctrica unida. Un ejemplo de esto es medio particulado con un aditivo conductor donde el medio está en contacto con una superficie puesta a tierra o un dispositivo puesto a tierra. El Ejemplo 4 describe la preparación y la prueba de una lámina de medio adaptado (TMS) conductora. Alternativamente, medio reciente procedente de un dispositivo de almacenamiento puede dosificarse constantemente a la mezcla como alguna fracción de la cantidad de medio que se está recirculando, mientras que una cantidad dada del medio que se recircula se retira continuamente. El medio que se retira puede someterse a un procedimiento o procedimientos de regeneración, tales como lavado y secado, desempolvado, desionización, puesta a tierra, secado o paso de un período de tiempo suficiente de modo que la carga residual se pierda.

Además de la acumulación de carga en el medio, partículas muy pequeñas (finos) y polvo pueden unirse al medio particulado y fijo. Pueden usarse procedimientos de neutralización de carga y/o dispositivos mecánicos tales como cepillos o rascadores, opcionalmente junto con succión de aire a baja presión para la retirada del polvo, para retirar finos y polvo del medio.

Ejemplos

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

Ejemplo 1: Recuperación de Medio Ferromagnético con un Alimentador de TES

Según se muestra en la Figura 3, un medio 305 incorpora un material ferromagnético en una cantidad suficiente para permitir que se una fuertemente a un imán 310. El medio (mostrado como esferas negras) se combina en primer lugar con la mezcla 315 de alimentación en un dispositivo 320 de carga. El producto procedente del dispositivo de carga termina en un plato 325 vibratorio que alimenta la parte superior del separador 330 de TES.

El medio 305 ferroso es fuertemente atraído por un imán en el extremo del alimentador de plato 325 vibratorio justo por encima del separador 330 de TES. Cuando un tambor 335 rotatorio encierra el imán 310 estacionario, el imán 310 atrae el medio 305 ferromagnético desde el plato 325 vibratorio y sobre la superficie 335 del tambor. Después de que la superficie 335 del tambor con el medio 305 ferromagnético atraído rote lejos del imán 310, el medio 305 se mueve lo bastante lejos del imán 310 para que la gravedad venza la fuerza magnética del imán 310, haciendo que el medio 305 caiga del tambor 335 y se recoja en un área segregada de las partículas. Después de caer del tambor 335, el medio puede desionizarse (si la conductividad del medio es demasiado baja para el control de carga a través de contacto) y devolverse al dispositivo 320 de carga. Alternativamente, el alimentador de carga puede aislarse eléctricamente y puede aplicarse un voltaje para permitir que el medio se cargue por contacto hasta el voltaje deseado. Generalmente, se supone que la carga deseada del medio será neutra, en cuyo caso el alimentador vibratorio o el imán de tambor pueden ponerse a tierra y usarse para poner a tierra por contacto el medio.

Puede usarse alternativamente un imán de correa cruzada que barre el material ferromagnético hasta la cara de un gran imán de placa suspendido que está situado en el extremo de un alimentador vibratorio. A continuación, puede usarse un transportador para devolver el medio a un dispositivo de almacenamiento o al otro extremo de la plataforma del alimentador de carga.

Otro tipo de dispositivo de carga, tal como un tambor rotatorio, un recipiente removido o un sistema de transporte de aire, puede usarse bien junto con un alimentador vibratorio o bien en lugar de tal unidad.

Un material ferromagnético "blando" se desmagnetiza espontáneamente cuando se retira de un campo magnético. Un material de medio ferromagnético blando se combina con la mezcla en un alimentador vibratorio con una plataforma ferromagnética de modo que las partículas del medio sean atraídas a la plataforma y se adhieran magnéticamente, reduciendo o eliminando el contacto entre la mezcla (generalmente no conductora) y la plataforma. Como los pelets de medio pierden gradualmente su campo magnético, se mueven hacia el extremo del dispositivo y son capturados de nuevo por el imán. Esto renueva su propiedad magnética. También puede permitir que el medio se desempolva en un procedimiento recirculatorio o se reemplace más fácilmente. En una realización, el vibrador puede configurarse para tener dos ajustes vibratorios. Un ajuste inferior permite que el material ferromagnético "blando" se adhiera a la plataforma ferromagnética y un ajuste superior lo bate soltándolo totalmente de la plataforma. El ajuste superior puede usarse siempre que el medio requiera un cambio. Esto puede ser útil para cambiar medio desgastado o cuando se requiere una variedad de medio diferente.

Un material ferromagnético "duro", que retiene su magnetismo cuando se retira de un campo magnético, también puede usarse como un componente de la partícula del medio pero esto puede incrementar el coste del medio. Esto mejora la adhesión del medio a una superficie del dispositivo de carga de acero estándar.

Ejemplo 2: Propiedades de carga de plástico con aditivos ferrosos

Poliestireno de alta resistencia a los impactos (HIPS) (43% del peso total, Styron 498 natural, Dow Chemical Co., Midland, MI) se combinó en estado fundido en una extrusora de doble tornillo con 52% de hierro (clase Ancorsteel 1000 (partículas menores de 200 micras), Hoeganaes Corp., Riverton, NJ) que se había dispersado como una pasta con aceite de soja epoxidado (ESO) (6% del peso total, Plaschek 775, Ferro Corp., Cleveland, OH). Los pelets de HIPS con relleno de hierro eran altamente sensibles a los campos magnéticos. Un puñado de pelets mantenidos 150 mm por debajo de un imán de placa plana fue arrastrado hacia el imán, sugiriendo la viabilidad de una operación tal como la mostrada en la Figura 3.

Aproximadamente tres gramos de pelets de HIPS se cargaron mediante turbulencia en recipientes de poliestireno o policarbonato. La carga en los pelets se midió usando una copa de Faraday. La Tabla 1 da la carga por masa de los pelets de HIPS natural y con relleno de hierro al 52%. Puesto que hay menos plástico, el HIPS con relleno de hierro adquiere menos carga por masa que el HIPS natural. Sin embargo, la carga del plástico con hierro añadido es cualitativamente similar a la del plástico sin relleno.

Tabla 1: Carga (nC/g) de HIPS natural y con relleno de hierro al 50% en recipientes de PS y PC

Muestra	carga (nC/g) frente al recipiente de PS	carga (nC/g) frente al recipiente de PC
HIPS natural	+0,5	-1,5
HIPS con relleno de hierro al 52%	+0,4	-0,7

El plástico con relleno de hierro se descargaba fácilmente en la copa de Faraday. Esto sugiere que la neutralización de la carga en un procedimiento tal como el que se muestra en la Figura 3 puede efectuarse poniendo en contacto los pelets con relleno de hierro con metal puesto a tierra.

Ejemplo 3: Propiedades de carga de plástico con aditivos ferrosos

Polipropileno (PP) gris (52% del peso total, derivado de electrodomésticos desechados por consumidores) se combinó en estado fundido en una extrusora de doble tornillo con 42% de magnetita (Clase M-25 (99% de las partículas menores de 44 micras), Pea Ridge Iron Ore Co.) que se había dispersado como una pasta con aceite de soja epoxidado (ESO) (6% del peso total, Plaschek 775, Ferro Corp.). Los pelets de PP con relleno de magnetita eran muy sensibles a los campos magnéticos, aunque no tan sensibles como el HIPS con relleno de hierro del Ejemplo 2. Un puñado de pelets mantenido aproximadamente 50 mm por debajo de un imán de placa plana fue arrastrado hacia el imán.

Alrededor de cinco gramos de pelets de PP se cargaron mediante turbulencia en recipientes bien de poliestireno o bien de policarbonato. La carga de los pelets se midió usando una copa de Faraday. La Tabla 2 da la carga por masa de los pelets de PP 101 y PP con relleno de magnetita al 42%. El PP con relleno de magnetita adquiere menos carga por masa que el PP gris sin magnetita. El plástico con magnetita añadida también se carga con un signo diferente frente al recipiente de poliestireno. Cuando se compara con los datos de carga de HIPS del ejemplo previo, debe apreciarse que la magnetita tenía un tamaño de partícula sustancialmente menor. Esto permitía probablemente una contribución de la superficie específica mucho mayor debida a la magnetita que la encontrada con el polvo de hierro mucho más grueso del ejemplo previo. Una clase de magnetita mucho más gruesa probablemente reduciría la diferencia entre el comportamiento de carga con relleno y sin relleno.

Tabla 2: Carga (nC/g) de PP gris 101 y PP con relleno de magnetita al 42% (PPM 42) en recipientes de PS y PC

muestra	carga (nC/g) frente al recipiente de PS	carga (nC/g) frente al recipiente de PC
PP 101	-2,6	-3,3
PPM 42	+1,4	-0,4

Los pelets con relleno de magnetita no se descargan fácilmente, lo que está en contraste con HIPS con relleno de hierro que se descarga casi completamente en una copa de Faraday. Esto sugiere que el uso de plástico con relleno

de magnetita como medio requeriría métodos distintos a la puesta a tierra por contacto para alcanzar una carga neta cero.

Ejemplo 4: Preparación y Evaluación de Lámina de Medio Adaptado.

- 5 Las materias primas para la TMS en este ejemplo eran ABS (Magnum 3490 de Dow Chemical) y Beki-Shield GR75/C12-E/5 de Bekaert Corporation. Beki-Shield GR75/C12-E/5 es un concentrado que contiene 75% de fibras de acero inoxidable (8 micras de diámetro), 10% de poliéster termoplástico en el que están embebidas las fibras y 15% de iónomo de etileno-ácido acrílico-zinc como un revestimiento para los pelets de 2 mm de diámetro. Especímenes de ABS para tracción con 0, 5 y 10 por ciento en peso de Beki-Shield se combinaron y se moldearon por inyección como especímenes para tracción.
- 10 El HIPS usado en este experimento era HIPS gris recuperado de equipo ofimático por MBA Polymers. Este HIPS se moldeó por inyección como especímenes para tracción usando procedimientos estándar.
- 15 El espécimen de ABS se puso en contacto con una placa de acero inoxidable puesta a tierra. Un espécimen de HIPS con carga inicial cero se frotó a continuación contra el espécimen de ABS, mientras el espécimen todavía estaba en contacto con la placa, durante alrededor de 5 segundos. La carga sobre el espécimen de HIPS se midió a continuación con una copa de Faraday. La carga del espécimen de HIPS se neutralizó a continuación con el soplador desionizante y la prueba se repitió. La secuencia de carga y medida, que llevaba entre 10 y 20 segundos por ciclo, se repitió alrededor de 20-30 veces tanto para ABS sin Beki-Shield como para ABS con 5 por ciento en peso de Beki-Shield. La carga sobre el espécimen de ABS también se midió periódicamente para observar si se estabilizaba en un valor estacionario.
- 20 La carga de los especímenes de ABS se incrementaba gradualmente y se estabilizaba a alrededor de +13 nC (5% de Beki-Shield) y +16 nC (sin Beki-Shield) después de alrededor de 10-20 ciclos de carga. La carga sobre un espécimen de ABS con 10% de Beki-Shield era cercana a cero, indicando que era conductor. La carga sobre el espécimen de HIPS permanecía constante a alrededor de -1,0 a -2,0 nC para cada ciclo. El ABS natural no se cargaba contra ninguno de los materiales de ABS con relleno de Beki-Shield. Esto sugiere que el acero inoxidable
- 25 no está alterando drásticamente las propiedades de carga del ABS.
- Además, un espécimen con Beki-Shield al 10% se frotó contra una bolsa de polietileno en la que se mantenía el espécimen. El espécimen se puso frente al soplador desionizante y se midió la carga sobre el espécimen. Una carga medida de alrededor de -0,2 nC indicaba que los electrones estaban migrando desde la bolsa hasta el espécimen de ABS. Esto confirmaba adicionalmente la conductividad del ABS con Beki-Shield al 10%.
- 30 Los resultados de estas pruebas sugieren que casi no había conductividad en el ABS con 5% de Beki-Shield, y que el ABS con 10% de Beki-Shield era conductor. Además, la capacidad de los materiales con relleno para cargar HIPS es comparable a la de ABS sin aditivo. Debido a que cargar HIPS contra ABS con 0 y 5% de Beki-Shield transfería la misma carga al HIPS cada vez, incluso después de que la carga sobre el ABS se saturara, es probable que una gran cantidad de plásticos en una mezcla pueda cargarse antes de que el medio se sature hasta el punto de que ya no
- 35 pueda cargar la mezcla, incluso si solo se usa 0 o 5% de Beki-Shield.

La invención se ha descrito en términos de realizaciones particulares. Otras realizaciones están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones. Por ejemplo, las etapas de la invención pueden realizarse en un orden diferente y/o combinarse, y alcanzar todavía los resultados deseables. Además, puede seleccionarse un medio que no sea intermedio entre dos de los componentes del material de alimentación.

REIVINDICACIONES

1. Un método para separar una mezcla de polímeros, que comprende:

proporcionar una mezcla que incluye componentes poliméricos;

5 añadir a la mezcla un medio particulado para mediar selectivamente en una carga triboeléctrica de la mezcla, incluyendo el medio particulado un material polimérico que tiene una posición seleccionada dentro de una secuencia de carga electrostática y un aditivo funcional, en donde el aditivo funcional se incorpora en el material polimérico;

cargar triboeléctricamente la mezcla con el medio particulado;

separar dos o más componentes de la mezcla de acuerdo con la carga triboeléctrica; y

10 recuperar al menos una porción del medio particulado usando un procedimiento de recuperación, en donde el aditivo funcional se incorpora en el medio para facilitar la recuperación del medio de los componentes de la mezcla de polímeros y se selecciona por la compatibilidad con el procedimiento de recuperación.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

el procedimiento de recuperación es un procedimiento de recuperación magnética; y

15 el aditivo funcional es un material ferromagnético.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

el procedimiento de recuperación es un procedimiento de clasificación por colores; y

el aditivo funcional es un material coloreado.

4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

20 el procedimiento de recuperación es un procedimiento de separación por densidades; y

el aditivo funcional es un material que aumenta la densidad.

5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

el procedimiento de recuperación es un procedimiento de separación basado en el grosor o la relación de superficie a masa; y

25 el aditivo funcional es un agente espumante.

6. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

el procedimiento de recuperación incluye recoger una fracción media neutra en un separador triboeléctrico; y

el aditivo funcional es un material conductor.

7. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1-6, en el que:

30 la recuperación se realiza antes de la separación.

8. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1-6, en el que:

la recuperación se realiza después de la separación.

9. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

el aditivo funcional es un material conductor; y

la separación y la recuperación incluyen hacer pasar la mezcla y el medio cargados a través de un campo eléctrico para hacer que los dos o más componentes y el medio particulado se desvíen en diferentes cantidades de modo que el medio se separe de los dos o más componentes.

10. El método de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además:

- 5 cargar eléctricamente el medio particulado con una fuente de alto voltaje antes de cargar triboeléctricamente la mezcla con el medio.

11. El método de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende además:

descargar el medio cargado después de la carga triboeléctrica; y

recuperar el medio descargado como una fracción neutra en un separador triboeléctrico.

- 10 12. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que añadir a la mezcla un medio particulado incluye añadir a la mezcla un medio de carga que incluye un compatibilizador, el compatibilizador capaz de reducir la energía interfacial en una combinación elegida de uno o más de los componentes poliméricos y uno o más polímeros incompatibles al concentrarse preferentemente en una interfase entre uno de los componentes poliméricos y uno de los polímeros incompatibles de la combinación.

15 13. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1-12, en el que:

proporcionar una mezcla que incluye componentes poliméricos incluye proporcionar un primer componente polimérico con una primera constante dieléctrica y un segundo componente polimérico con una segunda constante dieléctrica; y

- 20 añadir a la mezcla un medio particulado incluye añadir a la mezcla un medio de carga que tiene una constante dieléctrica entre la primera constante dieléctrica y la segunda constante dieléctrica.

14. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1-12, en el que:

proporcionar una mezcla que incluye componentes poliméricos incluye proporcionar un primer componente polimérico; y

- 25 añadir a la mezcla un medio particulado incluye añadir a la mezcla un medio de carga que incluye un componente capaz de reaccionar selectivamente con un grupo funcional en el primer componente polimérico.

15. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1-12, en el que:

proporcionar una mezcla que incluye componentes poliméricos incluye proporcionar un primer componente polimérico y un segundo componente polimérico; y

- 30 añadir a la mezcla un medio particulado incluye añadir a la mezcla un medio de carga que tiene una propiedad de carga entre una propiedad de carga del primer componente polimérico y una propiedad de carga del segundo componente polimérico.

16. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1-15, en el que recuperar al menos una porción del medio particulado incluye recuperar medio que se desvía sólo ligeramente en un campo eléctrico en comparación con la desviación de otros componente de la mezcla, en donde la desviación ligera se debe a una carga promedio baja en comparación con los otros componentes de la mezcla.

35

17. Un sistema para separar una mezcla de polímeros, comprendiendo el sistema:

un medio de carga particulado para mediar selectivamente en una carga triboeléctrica de una mezcla de polímeros, incluyendo el medio de carga un material polimérico que tiene una posición seleccionada dentro de una secuencia de carga electrostática;

- 40 una cámara de carga para cargar triboeléctricamente la mezcla de polímeros y el medio de carga;

una cámara de separación para separar dos o más componentes poliméricos cargados de la mezcla de polímeros de acuerdo con la carga triboeléctrica; y

5 un dispositivo de recuperación de medio para recuperar al menos una porción del medio de carga de acuerdo con un procedimiento de recuperación de medio, en el que el medio de carga incluye uno o más materiales poliméricos adecuados para mediar selectivamente en la carga de la mezcla de polímeros, incluyendo además el medio de carga uno o más aditivos funcionales compatibles con el procedimiento de recuperación de medio, donde el uno o más aditivos funcionales se incorporan en el uno o más materiales poliméricos para facilitar la recuperación del medio de los componentes de la mezcla de polímeros.

18. El sistema de acuerdo con la reivindicación 17, en el que:

el procedimiento de recuperación es un procedimiento de recuperación magnética; y

el aditivo funcional es un material ferromagnético.

10 19. El sistema de acuerdo con la reivindicación 17, en el que:

el procedimiento de recuperación es procedimiento de clasificación por colores; y

el aditivo funcional es un material coloreado.

20. El sistema de acuerdo con la reivindicación 17, en el que;

el procedimiento de recuperación es un procedimiento de separación por densidades; y

15 el aditivo funcional es un material que aumenta la densidad.

21. El sistema de acuerdo con la reivindicación 17, en el que:

el procedimiento de recuperación es un procedimiento de separación basado en el grosor o la relación de superficie a masa; y

el aditivo funcional es un agente espumante.

20 22. El sistema de acuerdo con la reivindicación 17, en el que:

el dispositivo de recuperación de medio incluye un separador triboeléctrico que incluye la cámara de separación;

el procedimiento de recuperación incluye la recogida de una fracción media neutra en un separador triboeléctrico; y

25 el aditivo funcional es un material conductor.

23. El sistema de acuerdo con la reivindicación 17, en el que:

el aditivo funcional es un material conductor; y

30 la cámara de separación está configurada para exponer la mezcla y el medio cargados a un campo eléctrico para hacer que los dos o más componentes y el medio de carga se desvíen en diferentes cantidades de modo que el medio se separe de los dos o más componentes.

24. Un método para preparar un medio para el uso en la separación de una mezcla de polímeros mediante separación triboeléctrica, comprendiendo el método:

seleccionar uno o más materiales poliméricos que han de usarse en un medio de carga en una separación triboeléctrica de una mezcla de polímeros;

35 seleccionar uno o más aditivos funcionales para facilitar la recuperación del medio de los componentes de la mezcla de polímeros de acuerdo con un procedimiento de recuperación de medio que ha de usarse en la separación triboeléctrica; y

combinar los materiales poliméricos seleccionados y los aditivos funcionales seleccionados de modo que el uno o más aditivos funcionales se incorporen en los materiales poliméricos seleccionados para generar un

medio particulado para el uso en la separación triboeléctrica..

25. El método de acuerdo con la reivindicación 24, en el que:

el procedimiento de recuperación de medio es un procedimiento de recuperación magnética; y

el aditivo funcional es un material ferromagnético.

5 26. El método de acuerdo con la reivindicación 24, en el que:

el procedimiento de recuperación de medio es un procedimiento de clasificación por colores; y

el aditivo funcional es un material coloreado.

27. El método de acuerdo con la reivindicación 24, en el que;

el procedimiento de recuperación de medio es un procedimiento de separación por densidades; y

10 el aditivo funcional es un material que aumenta la densidad.

28. El método de acuerdo con la reivindicación 24, en el que:

el procedimiento de recuperación de medio es un procedimiento de separación basado en el grosor o la relación de superficie a masa; y

el aditivo funcional es un agente espumante.

15 29. El método de acuerdo con la reivindicación 24, en el que:

el procedimiento de recuperación de medio incluye la recogida de una fracción media neutra en un separador triboeléctrico; y

el aditivo funcional es un material conductor.

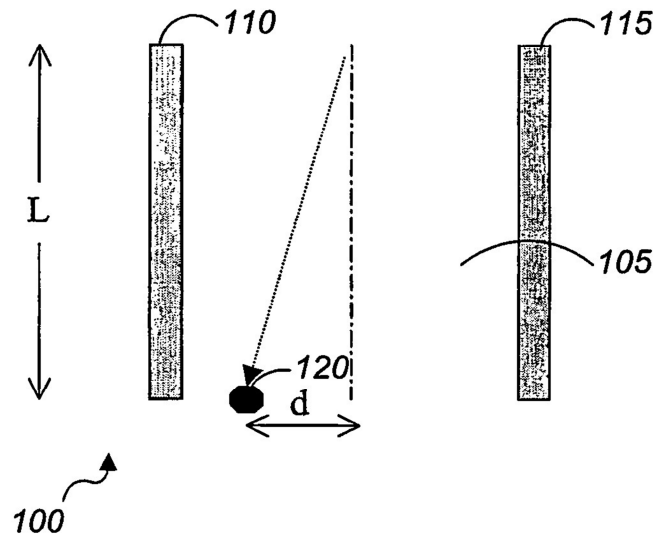


FIG._1

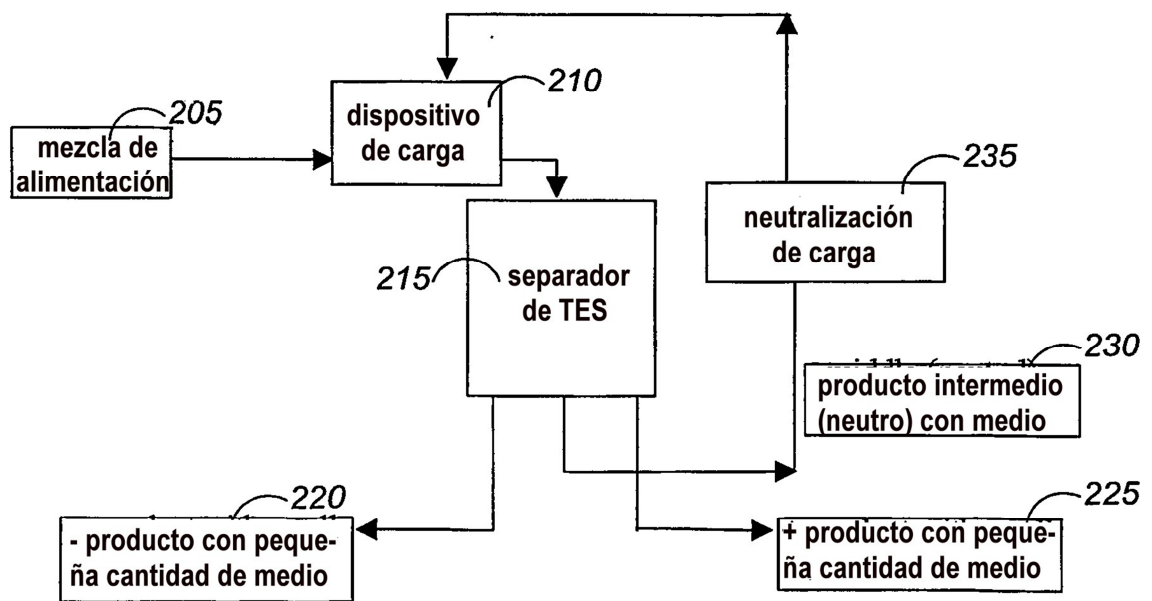


FIG._2

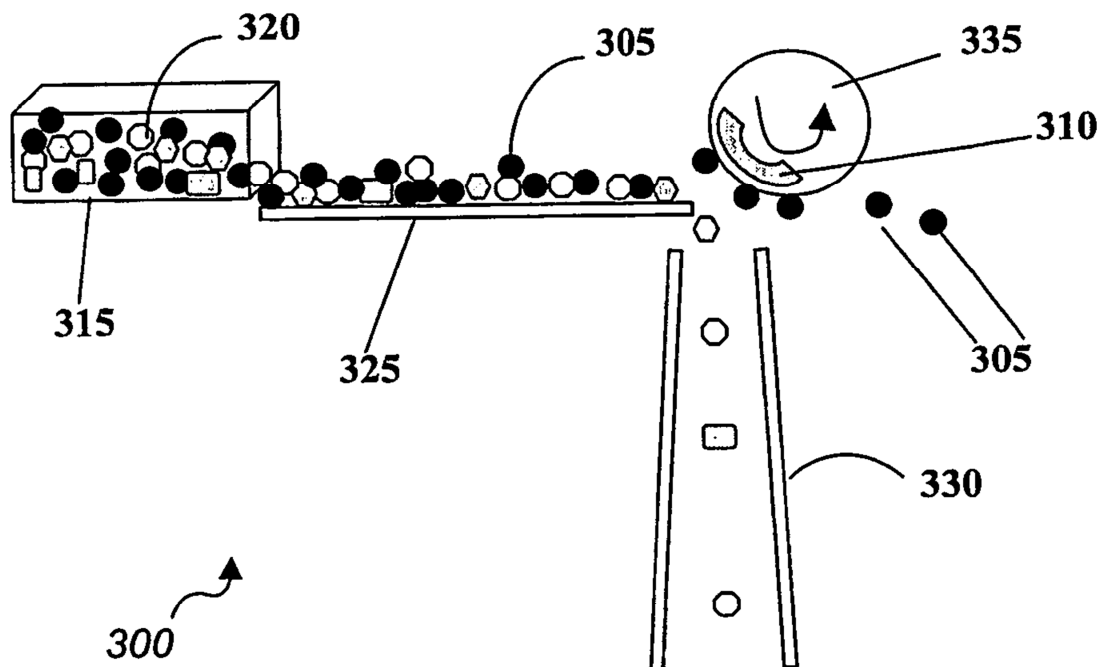


FIG._3