

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 208**

51 Int. Cl.:
C22B 7/00 (2006.01)
C22B 21/06 (2006.01)
C22B 9/22 (2006.01)
F27B 9/20 (2006.01)
F27D 3/08 (2006.01)
F27D 13/00 (2006.01)
F23G 5/027 (2006.01)
F23G 5/44 (2006.01)
F23G 7/00 (2006.01)
C10B 47/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07701595 .6**
96 Fecha de presentación: **09.01.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1979497**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.10.2008**

54 Título: **Procedimiento para el reciclaje de materiales compuestos que contienen aluminio**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.06.2012

73 Titular/es:
**Tsl Engenharia, Manutenção E Preservação
Ambiental
R. FUNCHAL 411, 7TH FLOOR VILA OLIMPIA
04551-060 S&ATILDE;O PAULO SP, BR**

72 Inventor/es:
**SZENTE, Roberto Nunes y
SZENTE, Milton Oscar**

74 Agente/Representante:
Arpe Fernández, Manuel

ES 2 383 208 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para el reciclaje de materiales compuestos que contienen aluminio

Estado del arte del invento

5 El invento se refiere a procedimientos y aparatos para el reciclaje. Más particularmente, el invento se refiere a procedimientos y aparatos para el reciclaje de materiales compuestos.

10 Existen varios tipos de envases utilizados para productos alimenticios o para diferentes productos industriales en general. La mayoría de los envases para productos alimenticios e industriales se construyen típicamente en una de las siguientes formas: a) de papel, por ejemplo, envases de cartón; b) de plástico, por ejemplo, polietileno tereftalato (PET) c) de papel / plástico, por ejemplo, los envases para bebidas, d) de plástico / aluminio laminados, por ejemplo, los
10 envases para café, sopas secas, comida para perros, chocolates, cereales, etc, y, e) de papel / plástico / aluminio, por ejemplo, cartones de bebidas para zumo de naranja, leche, etc.

15 En el caso de los envases de productos alimenticios e industriales que contienen sólo papel (como en el caso (a)) o papel / plástico (como en el caso (c)), se han descubierto ya procedimientos para el reciclaje de dichos materiales de envasado. Por ejemplo, los envases de papel se usan en los equipos hidro-desintegradores de pasta de papel para la
15 disgregación de las fibras del papel. A continuación, las fibras del papel separadas son retiradas con agua y secadas en una máquina de papel. El papel reciclado resultante ya puede ser reutilizado, por ejemplo, para la elaboración de cajas de cartón. En el caso de que el producto alimenticio e industrial sea un material compuesto del tipo papel / plástico (como en el caso (c)), el plástico es automáticamente separado en la hidro-desintegración de la pasta de papel, y es
20 normalmente desechado ya que el plástico (1) está raramente compuesto de un único tipo de plástico y (2) contiene contaminantes, lo que hace que sea difícil reutilizar los residuos de plástico.

Cuando el envasado de productos alimenticios e industriales contiene sólo plástico como en el caso de las botellas, el proceso de reciclaje implica el lavado, secado y molido de los envases de plástico, y la extrusión y fundido de los envases de plástico molidos con el fin de formar un nuevo producto de plástico reciclado.

25 El reciclaje de los envases de alimentos o de productos industriales se convierte en un reto en lo que se refiere a los laminados de plástico / aluminio y a los materiales compuestos de papel / plástico / aluminio. Por ejemplo, ambos tipos de envases contienen por lo general una pieza muy delgada de papel de aluminio, por ejemplo, de menos de 10 micras de espesor, íntimamente unida a un componente de plástico, por ejemplo, a una lámina de plástico de menos de 100 micras de espesor, y papel. El papel se puede reciclar por medio de los procedimientos de reciclaje ya descritos. Sin embargo, los residuos de plástico y de aluminio no pueden ser reciclados.

30 No existen procesos de reciclaje comercial para reciclar residuos de plástico y aluminio, de envases de plástico / aluminio y envases de papel / plástico / aluminio, debido a las dificultades asociadas con la separación del plástico del aluminio. Además, mientras que los envases de papel / plástico / aluminio contienen un tipo de plástico, los envases de plástico / aluminio suelen utilizar generalmente más de un tipo de plástico. Por ejemplo, el componente plástico contiene normalmente polietileno (PE), con menores cantidades de polipropileno (PP) y del polietileno tereftalato (PET) presente.
35 Estos factores contribuyen a que en la actualidad sea imposible reciclar de manera efectiva los envases de plástico / aluminio y de papel / plástico / aluminio.

40 Los envases para alimentos y productos industriales de plástico / aluminio y los residuos de plástico y aluminio, como por ejemplo los desechos de fábrica, el embalaje gastado, etc, no están siendo adecuadamente reciclados; la mayoría de estos materiales están siendo descargados en los vertederos o son incinerados. Aunque la incineración se revela como un proceso eficiente, posee algunas dificultades de funcionamiento debido a la presencia del aluminio. El aluminio no se "quema" y genera gas, en lugar de ello el aluminio se oxida y genera óxido de aluminio, un residuo sólido que debe ser periódicamente retirado de los incineradores.

45 En la actualidad, Corenso United Oy Ltd. de Finlandia utiliza un proceso de pirólisis para reciclar los envases de papel / plástico / aluminio una vez que el componente de papel es retirado. La pirólisis se lleva a cabo para la generación de un gas combustible que puede ser utilizado para generar energía. Sin embargo, la lámina de aluminio que queda, en trozos, no puede ser reciclada ni reutilizada. Durante la pirólisis, el aluminio se oxida parcialmente y el aluminio oxidado es muy difícil de fundir. El óxido de aluminio se forma desde el exterior hacia el interior de la lámina de aluminio. El óxido de aluminio se funde a temperaturas superiores a los 1700° C y no se funde a temperaturas de 700° C que es el punto de fusión de aluminio. Dado que la lámina de aluminio es muy delgada, incluso una capa delgada de óxido se convierte
50 en un obstáculo significativo y evita que la lámina de aluminio se funda con éxito. Además, el proceso de pirólisis genera residuos de aluminio / óxido de aluminio y da lugar a una cantidad considerable de gases quemados. Por lo tanto, la pirólisis no es un procedimiento respetuoso con el medio ambiente y no recicla de forma efectiva el aluminio de los envases de papel / plástico / aluminio de productos alimenticios e industriales.

Otros intentos para resolver el problema se realizan en los siguientes documentos de la técnica:

55 El documento DE 4237161 A1 describe un dispositivo para el tratamiento de materiales que contienen aluminio con un horno rotativo de calentamiento indirecto, con un tubo rotativo estanco al gas dispuesto en el interior del horno rotativo,

en cuyo caso en el interior del tubo rotativo está dispuesto un dispositivo transportador, el cual lleva el material que ha de ser guiado desde una tolva de alimentación hasta una tolva de extracción a través del tubo rotativo, en cuyo caso en el interior del tubo rotativo se alcanza una temperatura de aproximadamente 350° C hasta un máximo de 700° C. Un tamiz vibrador permite la separación de la lámina de aluminio de la ceniza.

5 El documento JP 56133432 A describe un dispositivo para recuperar el metal de los productos de metal, cada uno de los cuales tiene una capa de revestimiento de resina a una alta tasa de recuperación mediante el calentamiento de los productos hasta el punto de fusión del metal o por encima del mismo en una atmósfera no oxidante para gasificar y eliminar la resina.

10 En la US 6.193.780 B1 se describe un procedimiento adicional para la recuperación de aluminio y energía de los envases de plástico / aluminio usados así como un horno para la aplicación de dicho procedimiento. Dicho procedimiento se compone de un pre-tratamiento para la recuperación de papel, la separación de aluminio y de productos reciclables por la pirólisis de polietileno, principalmente por su contenido energético. El producto a tratar se hace pasar a una cámara cuyas paredes se calientan a una temperatura que se encuentra preferiblemente entre los 300 y los 500° C, dichas paredes están inclinadas con el fin de recoger en un recipiente una fracción pesada de la pirólisis de polietileno, mientras que la fracción ligera, la cual se volatiliza, se quema. La fracción pesada de la pirólisis drena y es recogida independientemente del aluminio.

15 En la EP 0400925 A2 se muestra un procedimiento para la fusión de chatarra contaminada que comprende contaminantes metálicos y no metálicos. La chatarra contaminada es introducida en un horno de fundición, el material es fundido en el interior del horno, los componentes volátiles se retiran del interior del horno y el metal fundido se retira del horno. Antes de la fusión del metal, con el fin de descontaminar el material, éste se calienta por medio de un plasma a una temperatura inferior al punto de fusión del metal al cual los componentes no metálicos se volatilizan mientras se desplaza al menos una parte del material dentro del interior del horno.

20 Además, el documento GB 2265385 A describe un procedimiento para la recuperación de materiales útiles a partir de una composición propulsora sólida híbrida que comprende un aglutinante polímero, un oxidante y partículas de aluminio. El oxidante se elimina de la composición para lograr una composición sustancialmente libre de oxidante que se calentará en ausencia de oxígeno para pirolizar el aglutinante polimérico a aceites vaporizados, dejando las partículas de aluminio como un residuo. Y al menos una porción de los aceites vaporizados se condensa en forma de aceite líquido. El aceite líquido y las partículas de aluminio son recuperadas por separado.

25 En el documento JP 60152639 A trozos de láminas de aluminio laminadas son envasados sucesivamente a través de un puerto de carga en una pieza de cavidad de un cilindro de destilación en seco. Un viento caliente se introduce a través de una puerta de entrada en una pieza de ranura anular. Es por ello que los trozos de la lámina de aluminio en el cilindro son destilados en seco a la temperatura de fusión del componente de aluminio o por debajo de la misma y se separa el gas destilado en seco del material laminado y el metal base de aluminio.

Resumen del invento

35 De acuerdo con el presente invento, un procedimiento para el reciclaje de materiales compuestos implica:
proveer una cantidad de material compuesto que comprende al menos un polímero y aluminio en por lo menos un primer reactor;

40 calentar dicho material compuesto en un entorno no oxidante a una temperatura suficiente que permita volatilizar al menos un polímero y forme un subproducto de hidrocarburo y aluminio en al menos un primer reactor, en cuyo caso dicho material compuesto se introduce en una cavidad de mezcla de al menos un primer reactor, se calienta uniformemente sin causar el deterioro de dicho polímero y se procesa continuamente;

introducir dicho aluminio libre de al menos un polímero en un segundo reactor;

caracterizado en que

45 dicho aluminio se calienta en un ambiente no oxidante a una temperatura suficiente como para fundir dicho aluminio en el segundo reactor; y

el calentamiento uniforme implica calentar el volumen total de al menos un primer reactor utilizando un primer elemento de calefacción interno dispuesto en un primer eje de un primer tornillo y un segundo elemento de calefacción interno dispuesto en un segundo eje de un segundo tornillo. Los detalles de una o más realizaciones del invento se exponen en los dibujos adjuntos y la descripción que se encuentra a continuación. Otras características, objetivos y ventajas del presente invento se deducen a partir de la descripción y los dibujos, así como de las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1a es una representación de una vista lateral de un sistema de reciclaje de materiales compuestos;

La figura 1b es una representación de una vista en planta del sistema de la figura 1;

La figura 2a es una representación de una vista en planta de un primer reactor del sistema de las figuras 1a y 1b;

La figura 2b es una representación de una vista lateral del primer reactor de la figura. 2a;

La figura 2c es una representación de una vista en sección transversal del primer reactor de la figura 2b;

5 La figura 3a es una representación de una vista en planta de un segundo reactor del sistema de las figuras 1a y 1b, y

La figura 3b es una representación de una vista en sección transversal tomada a lo largo de las líneas BB de la figura 3a del segundo reactor.

Los mismos números de referencia y denominaciones en los diversos dibujos indican elementos iguales.

Descripción detallada

10 El término "subproducto de hidrocarburo", tal y como se usa en este documento, se refiere a una composición de hidrocarburos que incluye una variedad de composiciones de cadenas hidrocarbonadas, cada una con un número de átomos de carbono que va desde alrededor de 6 hasta alrededor de 10.000 átomos por cadena, preferiblemente desde alrededor de 6 hasta alrededor de 1.000 átomos de carbono por cadena, y con mayor preferencia desde alrededor de 6 hasta alrededor de 100 átomos de carbono por cadena, y que existe en uno o más de los siguientes estados de la materia: como un sólido, sólido-líquido, líquido, líquido-gas o gas.

15 El término "producto de hidrocarburo", tal y como se usa en este documento, se refiere a una composición de hidrocarburos a temperatura ambiente que existe en uno o más de los siguientes estados de la materia: sólido, sólido-líquido, líquido, líquido-gas o gas.

20 El término "subproducto de aluminio", tal y como se usa en este documento, se refiere a un sub-producto compuesto de aluminio que está libre de cualquier óxido de aluminio.

El término "al menos un primer reactor", tal y como se usa en este documento, se refiere a un reactor o a una serie de reactores conectados entre sí que mantienen una atmósfera no oxidante y operan a una temperatura lo suficientemente alta como para volatilizar los polímeros y formar al menos un subproducto de hidrocarburo.

25 El término "segundo reactor", tal y como se usa en este documento, se refiere a un reactor que mantiene una atmósfera no oxidante y recibe aluminio libre de al menos un polímero.

30 En lo que respecta a las figuras 1a-1b, se muestra un sistema 10 conforme al presente invento. El sistema 10 del presente invento mantiene una atmósfera no oxidante a través de todo el proceso. La atmósfera no oxidante asegura que la capa de óxido de aluminio esté presente mientras el aluminio no aumenta de espesor y el polímero no reacciona para formar CO, CO₂, H₂O y otros subproductos no deseables durante el procedimiento del presente invento. El sistema 10 para el reciclaje de materiales compuestos puede estar provisto de un dispositivo de alimentación 11 de una cantidad de material compuesto (no mostrado) en un puerto de inyección 12 de al menos un primer reactor 14. Durante una primera fase del procedimiento de reciclaje de materiales compuestos, un material compuesto provisto generalmente de al menos un polímero y de aluminio se introduce en el primer reactor 14 a través del puerto de inyección 12. Es preferible el uso de un gas inerte con el fin de mantener la atmósfera no oxidante deseada. El material compuesto puede ser procesado a una temperatura lo suficientemente alta como para volatilizar el componente polimérico y formar un subproducto gaseoso de hidrocarburo condensable y aluminio libre de al menos un polímero. El hidrocarburo por-producto puede ser eliminado del primer reactor 14 a través de un hidrocarburo subproducto de salida 16. La salida de subproducto de hidrocarburo 16 puede estar conectada a un dispositivo de condensación 18 donde el subproducto de hidrocarburo es condensado para formar al menos un subproducto de hidrocarburo. La salida para los materiales procesados puede estar comunicada con otro primer reactor 14 con el fin de procesar de forma adicional cualquier componente polimérico restante del material compuesto, o puede estar comunicada con un puerto de inyección 22 de un segundo reactor 20.

45 Durante la segunda fase del proceso de reciclaje de materiales compuestos, el aluminio libre de al menos un polímero puede ser transportado desde una salida para materiales procesados 19 del primer reactor 14 a través de un dispositivo de alimentación 21 y en el orificio de inyección 22 del segundo reactor 20. En el segundo reactor 20, el aluminio se calienta a una temperatura lo suficientemente alta como para que pueda ser fundido. Debido a la ausencia de oxígeno la capa de óxido de aluminio no crece y aumenta su espesor. El aluminio libre de al menos un polímero puede ser retirado a través de una salida 24 y se enfría para formar al menos un sub-producto de aluminio.

50 Conforme a las figuras 2a-2c, al menos un primer reactor 14 puede estar provisto de una carcasa 30 dispuesta en una cavidad de mezclado 32. Dicha cavidad de mezclado 32 presenta una superficie interior 31 y está en comunicación tanto con el puerto de inyección 12 como con las salidas 16, 19. Una cantidad de material aislante térmico 35 puede estar dispuesta sobre la superficie externa de la carcasa 30. El material de aislamiento térmico puede comprender, pero no se limita a, materiales cerámicos fibrosos, sílice, alúmina, combinaciones que comprenden al menos uno de los

materiales anteriores, y similares, y preferiblemente una mezcla de sílice y alúmina en donde la cantidad de sílice presente es mayor que la cantidad de alúmina presente. Entre la superficie interior 31 y la carcasa 30 se puede disponer un elemento de calentamiento externo 33, como por ejemplo un elemento de calentamiento eléctrico. Dicho elemento de calentamiento externo 33 sirve para calentar el material compuesto de la cavidad de mezclado 32 durante la operación.

5 El elemento de calentamiento externo 33 puede mantener una temperatura lo suficientemente alta como para volatilizar el al menos un componente de polímero y formar el subproducto gaseoso de hidrocarburo condensable. Además, el elemento de calentamiento externo 33 también puede estar previsto fuera del primer reactor 14. Por ejemplo, una fuente de calor (que aquí no ha sido mostrada) puede proporcionar un fluido caliente, como por ejemplo petróleo, gas, agua, vapor, las combinaciones que comprenden al menos uno de los fluidos anteriores, y similares, a través de un conducto

10 (que aquí no ha sido mostrado) para el primer reactor 14. El conducto puede entrar en el primer reactor 14 y se dispone entre la superficie interior 31 y la carcasa 30 de tal manera que el fluido puede circular y calentar la cavidad de mezclado 32 a una temperatura suficiente como para volatilizar el componente de polímero y formar el subproducto gaseoso de hidrocarburo condensable.

Para procesar el material compuesto, el primer reactor 14 incluye al menos dos tornillos 34, 36 que comprenden un primer tornillo 34 montado sobre un primer eje 38 y un segundo tornillo 36 montado sobre un segundo eje 40 dispuesto dentro de la cavidad de mezclado 32. Cada eje 38, 40 contiene un elemento de calentamiento interno 42, 44 dispuesto en el mismo. Al igual que el elemento de calentamiento externo 33, cada elemento de calentamiento interno 42, 44 del primer reactor 14 puede calentar también los materiales compuestos de la cavidad de mezclado 32 durante la operación. Los elementos de calentamiento internos 42, 44 pueden comprender un elemento de calentamiento eléctrico de resistencia ya conocidos por los expertos ordinarios en la técnica. Los elementos de calentamiento internos 42, 44 pueden mantener una temperatura lo suficientemente alta como para volatilizar el componente polimérico y formar el subproducto de hidrocarburo. Los elementos de calentamiento eléctricos de resistencia incluyen, pero no se limitan a, níquel cromo y similares.

El funcionamiento de ambos elementos de calentamiento internos 42, 44 asegura que en todo el volumen de cada primer reactor 14 se mantenga una temperatura uniforme a lo largo de todo el proceso. Además, el elemento de calentamiento externo 33 y ambos elementos de calentamiento internos 42, 44 están en funcionamiento para asegurar que se mantenga una temperatura uniforme durante todo el volumen de cada primer reactor 14. La ubicación de los elementos de calentamiento 33, 42, 44 dentro de la cavidad de mezclado 32 permite una transferencia de calor favorable para el material compuesto y asegura que el material compuesto se caliente uniformemente mientras se esté procesando. Además, el material de aislamiento térmico 35 ayuda a prevenir la pérdida de calor, o por lo menos minimiza las pérdidas de calor, desde la cavidad de mezclado 32 y garantiza además un control de la temperatura, unas condiciones favorables de transferencia de calor y un calentamiento uniforme del material compuesto.

La temperatura de funcionamiento a lo largo de todo el volumen de cada primer reactor 14 puede estar un rango de temperaturas de entre aproximadamente 300° C y aproximadamente 700° C, y preferiblemente en un intervalo de entre aproximadamente 400° C y aproximadamente 600° C. El procedimiento del presente invento puede ser operado en vacío, en lugar de en presencia de atmósfera. Sin embargo, si se lleva a cabo el procedimiento en vacío o en atmósfera, la temperatura de funcionamiento no es menor que al menos 400° C, ya que esta temperatura es necesaria para volatilizar al menos un componente polimérico presente dentro de los materiales compuestos. Estos rangos de temperatura de operación evitan el deterioro del componente polimérico mientras se está procesando, y promueve también la generación de subproductos gaseosos de hidrocarburos condensables. Al procesar el (los) componente (s) polimérico (s) a una temperatura por debajo o por encima de los rangos indicados, el componente polimérico se puede volatilizar y formar subproductos gaseosos de hidrocarburo no condensable, o puede formar subproductos gaseosos de hidrocarburo no condensable y hollín. El hollín, a su vez, va a contaminar el aluminio que queda después de que el (los) componente (s) polimérico (s) se ha (n) volatilizado y eliminado durante la primera fase del procedimiento llevado a cabo por el sistema 10 del presente invento.

Los tornillos 34, 36 pueden ser impulsados por medio de un dispositivo de conducción 46 situado externamente al primer reactor 14. Los dispositivos para la conducción 46 puede comprender cualquier tipo de dispositivo mecánico capaz de causar que los tornillos 34, 36 giren simultáneamente en la misma dirección y con la misma velocidad sobre sus ejes 38, 40. Por ejemplo, el primer tornillo 34 puede girar a la misma velocidad en una primera dirección indicada por una flecha 48 y el segundo tornillo 36 puede girar en una segunda dirección indicada por una flecha 50 tal y como se representa en la figura 2c. Una persona con habilidades ordinarias en la técnica reconocerá que las condiciones de funcionamiento de los tornillos se pueden alterar y aún así lograr los efectos deseados en el procedimiento del presente invento.

Los tornillos 34, 36 están dispuestos de forma adyacente entre sí, de tal manera que los tornillos 34, 36 son paralelos entre sí y no hacen contacto entre ellos. Cada tornillo 34, 36 incluye un filo dispuesto a lo largo de sus ejes 38, 40, respectivamente, de tal manera que el filo está dispuesto concéntricamente sobre cada eje como un sacacorchos y forma una variedad de fillos y canales entre cada filo. En general, a la orientación helicoidal del filo se la denomina comúnmente como la hélice del tornillo. Siendo de forma helicoidal, el (los) filo (s) de cada tornillo 34, 36 están curvados desde la punta hasta el eje de tal manera que la naturaleza de la superficie de cada filo es cóncava. Durante el funcionamiento, el primer tornillo 34 gira alrededor del eje 38 y la primera hélice del primer tornillo 34 entra en los canales de la segunda hélice del segundo tornillo 36. El movimiento y la orientación de la primera hélice a través de los

canales de la segunda hélice elimina cualquier composición de polímero fundido desde el tornillo 34 y el eje 40 y limpia eficazmente el tornillo 34 y el eje 40. El movimiento continuo del primer y segundo tornillo 34, 36 da lugar al movimiento continuo del (los) componente (s) de polímero fundido a lo largo de cada tornillo 34, 36 y evita que el (los) componente (s) de polímero fundido se aglomeren dentro de la cavidad de mezclado 32 y a lo largo de cualquiera de los tornillos 34, 36. Normalmente, mientras el (los) componente (s) polimérico (s) se funde (n), las capas de polímero pueden formar una capa más gruesa que forma una bola de componente (s) de polímero fundido durante la rotación dentro de una cavidad de mezclado. El movimiento y la orientación de los tornillos 34, 36 evita de forma efectiva que tenga lugar la aglomeración de dicho (s) componente (s) de polímero fundido.

Más específicamente, mientras los primeros y segundos tornillos 34, 36 giran simultáneamente a la misma velocidad y en la misma dirección, al menos un primer filo del primer tornillo gira a través de al menos un segundo canal del segundo tornillo. Mientras giran los primeras filos, el primer filo se mueve hacia delante y atrás de forma axial con respecto a la posición del segundo eje del segundo tornillo. La curvatura de la superficie de cada primer filo facilita este movimiento axial hacia delante y atrás dentro de cada segundo canal con respecto a la posición del segundo eje del segundo tornillo. Por el contrario, un filo que no tenga curvatura, es decir un filo con una forma plana, y que estuviera dispuesto perpendicularmente a un segundo tornillo no se movería axialmente hacia delante atrás dentro de un canal del segundo tornillo con respecto a la posición del segundo eje del segundo tornillo. Por medio de la rotación de los tornillos y del movimiento axial hacia delante y hacia atrás del primer y segundo filo, el material compuesto es procesado por los primeros y segundos tornillos 34, 36 dentro del reactor 14. Al mismo tiempo, la punta del primer filo también está retirando el material compuesto procesado desde el eje del segundo tornillo y limpia de manera efectiva el segundo eje 40 y el segundo tornillo 36. Del mismo modo que los primeros filos del primer tornillo 34 limpian el segundo tornillo 36, los segundos filos del segundo tornillo 36 funcionan también de la misma manera para eliminar el material compuesto procesado desde el eje del primer tornillo 34 y limpian eficazmente el primer eje 38 y el primer tornillo 34.

Con el fin de servir como ejemplo, el cual no debe ser tomado en un sentido limitante, las dimensiones del primer reactor pueden ser de un tamaño acorde con las condiciones de transformación deseadas y con el propósito industrial. Por ejemplo, cada tornillo puede tener una longitud de entre aproximadamente 1 metro y unos 30 metros. Cada tornillo puede tener un diámetro que va desde aproximadamente 10 centímetros hasta aproximadamente 150 centímetros. Cada primer filo del primer tornillo puede estar colocado a una distancia de entre 1 milímetro y aproximadamente 50 milímetros de cada segundo filo y el segundo eje del segundo tornillo. Y cada segundo filo del segundo tornillo puede estar situado a una distancia de entre 1 milímetro y aproximadamente 50 milímetros de cada primer filo y el primer eje del primer tornillo. Una punta de cada primer filo puede estar situada a una distancia de entre cerca de 1 milímetro y aproximadamente 50 milímetros del segundo eje del segundo tornillo. Y una segunda punta de cada segundo filo puede estar situada a una distancia de entre cerca de 1 milímetro y aproximadamente 50 milímetros desde el primer eje del primer tornillo.

Antes de la volatilización, el (los) componente (s) polimérico (s) son composiciones de cadenas de hidrocarburo largas que tienen más de aproximadamente 100.000 átomos de carbono por cadena. Durante la volatilización, el (los) componente (s) polimérico (s) empiezan a romperse en composiciones de cadenas de hidrocarburos más pequeñas, cada una de ellas con menos de aproximadamente 100.000 átomos de carbono por cadena. Cuando la volatilización llega a su fin, el (los) componente (s) polimérico (s) se dividen en una pluralidad de composiciones de hidrocarburos de cadena pequeña que tienen cada una entre aproximadamente 6 y aproximadamente 10.000 átomos de carbono por cadena, preferiblemente entre aproximadamente 6 y aproximadamente 1.000 átomos de carbono por cadena, y más preferiblemente entre aproximadamente 6 y aproximadamente 100 átomos de carbono por cadena, que forman el subproducto de hidrocarburo.

El subproducto de hidrocarburo consta preferentemente de cadenas de hidrocarburos que constan de no menos de 6 átomos de carbono por cadena y no más de 100 átomos de carbono por cadena. Las composiciones de cadenas de hidrocarburos que se encuentran dentro del rango enumerado de átomos de carbono por cadena forman subproductos gaseosos de hidrocarburos condensables, en las condiciones de funcionamiento mantenidas dentro de los primeros reactores 14. Dichos subproductos gaseosos de hidrocarburos condensables, se pueden condensar para formar los productos de hidrocarburo deseados en el mercado, como por ejemplo, compuestos de parafina; una materia prima que conlleva un alto valor de mercado. Por el contrario, las composiciones de hidrocarburos de cadena que contienen menos de 6 átomos de carbono por cadena forman subproductos gaseosos de hidrocarburo no condensable, tales como metano, etano, propano y butano, que como materia prima conllevan un valor de mercado mucho menor. Las composiciones de hidrocarburos de cadena que contienen más de 100 átomos de carbono por cadena es improbable que se generen en forma de gas.

Durante el procesamiento del material compuesto, el subproducto de hidrocarburo puede ser eliminado a través de la salida 16 durante el procedimiento. El subproducto de hidrocarburo puede ser condensado en un producto de hidrocarburo utilizando un dispositivo de condensación 18. Los dispositivos de condensación 18 pueden comprender cualquier dispositivo capaz de condensar hidrocarburos como es conocido por una persona con habilidades ordinarias en la técnica. Cuando se lleva a cabo el procedimiento del presente invento, al menos un producto hidrocarbonado se forma a partir de la condensación del subproducto de hidrocarburo. Por ejemplo, el producto de hidrocarburos puede constar de una composición de parafina que contiene en parte parafina (sólida) y en parte aceite parafínico (líquido) a temperatura ambiente. Dependiendo de las condiciones de funcionamiento de los dispositivos de condensación 18,

puede ser producida cualquier cantidad de productos de hidrocarburos utilizando el procedimiento del presente invento ya que los envases de productos alimenticios e industriales de papel / plástico / aluminio y plástico / aluminio que se reciclan pueden contener uno o más polímeros diferentes.

5 Una vez que el (los) componente (s) polimérico (s) del material compuesto se han volatilizado y sólo queda aluminio, las piezas de aluminio recubiertas de una película delgada de óxido de aluminio son transportadas a un puerto de inyección 61 del segundo reactor 20 utilizando un dispositivo para el transporte 21 tal y como puede ser conocido por una persona con habilidades ordinarias en la técnica. En lo que se refiere a las figuras 3a y 3b, el segundo reactor 20 mantiene preferiblemente una atmósfera no oxidante y puede constar de una carcasa 60 dispuesta alrededor de una cavidad 62. La cavidad 62 aloja un baño fundido 64 que presenta un revestimiento dispuesto sobre el mismo. El revestimiento 10 comprende al menos un material con características refractarias. Los materiales adecuados que poseen características refractarias para ser usados aquí pueden incluir, pero no se limitan a, sílice, alúmina, combinaciones que comprenden al menos uno de los anteriores, y similares, y preferiblemente una mezcla que comprende aproximadamente de un 70% en peso a un 90% en peso de alúmina y sílice en el resto. Una cantidad de material aislante térmico 65 puede estar dispuesta en la superficie externa de la carcasa 60 con el fin de evitar pérdidas de calor, o por lo menos de permitir que 15 las pérdidas de calor sean mínimas, desde la cavidad 62. Los materiales adecuados para el aislamiento térmico incluyen, pero no se limitan a, materiales cerámicos fibrosos, sílice, alúmina, combinaciones que comprenden al menos uno de los materiales anteriores, y similares, y preferiblemente una mezcla de sílice y alúmina en donde la cantidad de sílice presente es mayor que la cantidad de alúmina presente.

20 En la carcasa 60 se puede montar un sistema de calentamiento por plasma 66 de tal manera que un dispositivo de calentamiento por plasma 68 esté dispuesto dentro de la cavidad 62. El dispositivo de calentamiento por plasma 68 puede estar dispuesto próximo a, y por encima del baño fundido de tal manera que el dispositivo 68 puede moverse hacia atrás y hacia delante a través de la superficie del baño de fusión y fundir el aluminio libre de al menos un componente de polímero. Un dispositivo de calentamiento por plasma 68 adecuado para su uso en este invento puede 25 incluir un soplete de plasma flexible, transferible o intrantransferible capaz de moverse en cualquier dirección y en todas ellas a través de la superficie del baño fundido, por ejemplo, por medio de un movimiento de barrido, y es capaz de generar al menos el calor suficiente como para romper la capa de óxido de aluminio y de fundir el aluminio. Cualquier gas inerte, como los conocidos por alguien de experiencia ordinaria en la técnica, puede ser utilizado como el gas del plasma. Es preferible un gas inerte, como por ejemplo Ar, a fin de mantener la atmósfera no oxidante en el interior del segundo reactor 20. El dispositivo de calentamiento por plasma 68 puede generar un arco eléctrico que posee una 30 temperatura por encima de aproximadamente 10.000 TAC (18.032 TAF), que excede en mucho la temperatura de aproximadamente 660 TAC (1220 TAF), el punto de fusión del aluminio, o los 1.700 TAC (3092 TAF), el punto de fusión del óxido de aluminio. La película de óxido de aluminio se funde y libera el aluminio contenido en la capa de óxido. Debido a la ausencia de oxígeno, el líquido de aluminio resultante debería estar libre de cualquier óxido de aluminio.

35 Tan pronto como las piezas de aluminio entran en el baño de fundición 64, la antorcha de plasma se mueve en un movimiento de barrido por encima del aluminio. El arco de la antorcha de plasma alcanza el aluminio, forma gotas de aluminio fundido y se forma una capa de escoria que flota encima del aluminio fundido. Tan pronto como más aluminio entra en el baño fundido 64 y se funde, se forma una capa de escoria que flota encima del aluminio fundido. La capa de escoria aísla el aluminio fundido de las altas temperaturas generadas por la antorcha de plasma. En la superficie de la 40 capa de escoria que tiene un espesor de entre aproximadamente 1 milímetro y aproximadamente 2 milímetros, la temperatura alcanza entre aproximadamente 2.000 TAC y aproximadamente 3.000 TAC. Sin embargo, la temperatura cae considerablemente por debajo de la superficie de escoria de tal manera que la capa de escoria efectivamente aísla el aluminio fundido. Como resultado, el aluminio fundido se puede mantener a una temperatura de no más de aproximadamente 800 TAC durante el proceso. Durante todo el proceso, una herramienta de grafito (que aquí no ha sido mostrada) puede ser utilizada para pasar periódicamente por la superficie del baño fundido 64 y eliminar la capa de 45 escoria. Un experto en la técnica reconocerá que cualquier herramienta puede incorporarse para lograr este propósito. Así como las piezas de aluminio entran continuamente en el segundo reactor 20, el aluminio fundido también se golpea con el fin de mantener un nivel constante en el baño de fusión. Al tocar el aluminio fundido, éste puede ser enfriado a una temperatura de aproximadamente 600 TAC. El aluminio fundido resultante puede ser retirado de la cavidad 62 a través de una salida 70 para formar al menos un sub-producto de aluminio.

50 Como se ha discutido anteriormente, los materiales de envasado de papel / plástico / aluminio y de plástico / aluminio no se reciclan y / o no se reciclan por completo debido a las dificultades intrínsecas en la separación del plástico y del aluminio, así como debido a las propiedades físicas y químicas de cada uno de los componentes. La separación térmica común (por ejemplo, la pirólisis) de los dos componentes es muy difícil debido a las limitaciones de transferencia de calor causadas por el componente de plástico y el peso insuficiente del aluminio para romper la capa de óxido de 55 aluminio. Otros procesos anteriores de reciclaje, incluyendo la separación química, no han tenido éxito desde el punto de vista económico ni ambiental.

60 El sistema y el procedimiento del presente invento recicla con éxito tanto materiales de envasado de papel / plástico / aluminio como de plástico / aluminio. Ahora los plásticos compuestos de uno o más polímeros y de aluminio de cualquier espesor se pueden separar y reciclar en lugar de desecharse como material de desecho. El sistema y procedimiento del presente invento posee diversas ventajas en la realización de este exitoso esfuerzo.

- 5 El procedimiento del presente invento es respetuoso con el medio ambiente. El proceso no genera ningún tipo de residuos ambientalmente nocivos, ni efluentes líquidos o gases tóxicos. Durante todo el proceso, el material compuesto se procesa en reactores cerrados y la liberación del subproducto de hidrocarburo y del subproducto de aluminio es controlada. Y, a diferencia de los métodos de las técnicas anteriores para el reciclaje de materiales compuestos de plástico, plástico / aluminio o papel / plástico / aluminio, el procedimiento del presente invento no requiere reactivos adicionales para efectuar el procesamiento de los materiales compuestos.
- 10 El procedimiento del presente invento evita el obstáculo más común que ha impedido, hasta el momento, que se puedan reciclar los envases de plástico / aluminio y de papel / plástico / aluminio. Al mantener atmósferas no oxidantes y controlar la temperatura durante todo el proceso, no se puede formar el óxido de aluminio y evitar el proceso de reciclaje. Como resultado, el subproducto de hidrocarburo y los subproductos de aluminio presentan por el contrario una gran homogeneidad, lo que equivale a calidad.
- 15 El procedimiento del presente invento emplea reactores sellados especialmente diseñados para asegurar que los materiales compuestos se procesen de manera eficiente. El uso de un recipiente sellado especialmente diseñado y de dobles tornillos de auto-limpieza permite el calentamiento uniforme y el procesamiento continuo del polímero (s) en el material compuesto. Esto asegura que el plástico no se deteriore durante el proceso. El uso de un sistema de plasma especialmente diseñado permite la fusión del aluminio de cualquier tamaño y espesor, incluso cuando son muy delgados. Como resultado, en el caso de cualquier óxido de aluminio existente previamente a partir de la carcasa, el sistema de plasma funde la capa de óxido de aluminio y libera el aluminio fundido.
- 20 El procedimiento del presente invento no sólo tiene éxito en lo que respecta a los intentos fallidos de las técnicas anteriores, sino que también es eficiente. Los procedimientos del estado anterior de la técnica pierden al menos habitualmente un cuarenta por ciento (40%) del aluminio cuando se reciclan materiales compuestos de plástico / aluminio y de papel / plástico / aluminio. Como resultado, con los procedimientos anteriores no se puede recuperar más del sesenta por ciento (60%) del aluminio cuando se lleva a cabo el reciclaje de estos materiales compuestos. El procedimiento del presente invento recupera por lo menos cerca del 90% del aluminio. El rendimiento energético global
- 25 del procedimiento del presente invento es mayor que aproximadamente el setenta y cinco por ciento (75%). La alta eficiencia es debida en parte a las características intrínsecas de las fuentes de calor, es decir, de las fuentes de calor externas e internas y de la antorcha de plasma, y también en parte a la orientación de las fuentes de calor y del material de aislamiento térmico dentro y alrededor de cada reactor.
- 30 Se han descrito una o más realizaciones del presente invento. No obstante, se ha de tener en cuenta que se pueden hacer diversas modificaciones sin apartarse del espíritu y del alcance del presente invento. Por consiguiente, otras realizaciones están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el reciclaje de materiales compuestos, que implica:
 5 alimentar al menos un primer reactor (14) con una cantidad de material compuesto que consta de al menos un polímero y de aluminio; calentar dicho material compuesto en una atmósfera no oxidante a una temperatura lo suficientemente alta como para volatilizar al menos un polímero y formar un sub-producto de hidrocarburo y de aluminio en al menos un primer reactor (14), con lo que dicho material compuesto se introduce en una cavidad de mezclado (32) de dicho primer reactor (14), calentada uniformemente sin que el polímero se deteriore y se procesa continuamente; alimentar dicho aluminio libre de dicho al menos un polímero en un segundo reactor (20);
 caracterizado en que
 10 dicho aluminio se calienta en una atmósfera no oxidante a una temperatura lo suficientemente alta como para fundir dicho aluminio en dicho segundo reactor (20); y el calentamiento uniforme implica calentar un volumen total de al menos dicho primer reactor (14) utilizando un primer elemento de calentamiento interno (42) dispuesto en un primer eje (38) de un primer tornillo (34) y un segundo elemento de calentamiento interno (44) dispuesto en un segundo eje (40) de un segundo tornillo (36).
- 15 2. Procedimiento conforme a la reivindicación 1, caracterizado en que el calentamiento de dicho material compuesto implica el calentamiento uniforme de dicho material compuesto dentro de un rango de temperaturas de entre aproximadamente 300° C y aproximadamente 700° C.
3. Procedimiento conforme a la reivindicación 2, caracterizado en que dicho intervalo de temperaturas se encuentra entre aproximadamente 400° C y aproximadamente 600° C.
- 20 4. Procedimiento conforme a la reivindicación 1, caracterizado en que el calentamiento de dicho material compuesto implica la formación de un subproducto gaseoso de hidrocarburo condensable.
5. Procedimiento conforme a la reivindicación 1, caracterizado en que el calentamiento de dicho material compuesto implica la formación de al menos un compuesto parafínico.
- 25 6. Procedimiento conforme a la reivindicación 1, caracterizado en que el calentamiento uniforme implica el calentamiento de un volumen total de al menos un primer reactor (14) utilizando un elemento de calentamiento externo (33), un primer elemento de calentamiento interno (42) y un segundo elemento de calentamiento interno (44) de al menos un primer reactor (14).
- 30 7. Procedimiento conforme a la reivindicación 6, caracterizado en que el calentamiento de la totalidad del volumen de al menos un primer reactor (14) implica; el calentamiento de dicho material compuesto utilizando dicho elemento de calentamiento externo (33) dispuesto entre dicha cavidad de mezcla (32) y una carcasa (30) de al menos un primer reactor (14); y el calentamiento de dicho material compuesto utilizando dicho primer elemento de calentamiento interno (42) situado dentro de un primer tornillo (34) y un segundo elemento de calentamiento interno (44) situado dentro de un segundo tornillo (36) de al menos un primer reactor (14).
- 35 8. Procedimiento conforme a la reivindicación 1, caracterizado en que el procesamiento continuo implica:
 el giro simultáneo de un primer tornillo (34) y un segundo tornillo (36) a la misma velocidad y en la misma dirección dentro de dicho primer reactor (14); la rotación de al menos un primer filo de dicho primer tornillo (34) a través de al menos un segundo canal de dicho segundo tornillo (36), en el que al menos dicho primer filo se mueve axialmente hacia adelante y hacia atrás con respecto al segundo eje (40), mientras que rotan dicho primer tornillo (34) y dicho segundo tornillo (36); la rotación de al menos un segundo filo de dicho segundo tornillo (36) a través de al menos un primer canal de dicho primer tornillo (34), en el que al menos dicho segundo filo se mueve axialmente hacia adelante y hacia atrás con respecto al primer eje (38), mientras que dicho primer tornillo (34) y dicho segundo tornillo (36) rotan; el procesamiento de dicho material compuesto con dicho primer tornillo (34) y dicho segundo tornillo (36); la limpieza de una superficie de dicho primer tornillo (34) utilizando al menos dicho segundo filo para eliminar dicho material compuesto procesado desde dicho primer tornillo (34), y la limpieza de una superficie de dicho segundo tornillo (36) utilizando al menos dicho primer filo para eliminar dicho material compuesto procesado a partir de dicho segundo tornillo (36).
- 40 9. Procedimiento conforme a la reivindicación 1, que además implica después de la formación de dicho subproducto de hidrocarburo: la eliminación de dicho subproducto de hidrocarburo de al menos dicho primer reactor (14); y la condensación de dicho subproducto de hidrocarburo.
- 45 10. Procedimiento conforme a la reivindicación 1, caracterizado en que el calentamiento de dicho aluminio implica:
 aplicar un arco de plasma en un movimiento de barrido a dicho aluminio para formar una cantidad de aluminio fundido y una capa de escoria sobre dicho aluminio fundido, y mantener dicha cantidad de aluminio fundido a una temperatura de no más de aproximadamente 800° C.

ES 2 383 208 T3

11. Procedimiento conforme a la reivindicación 10, caracterizado en que la aplicación de dicho arco de plasma implica generar dicho arco de plasma utilizando una antorcha de plasma.
12. Procedimiento conforme a la reivindicación 10, caracterizado en que una cantidad de dicha capa de escoria de una superficie de dicho aluminio fundido se roza, y se repite dicho paso rozando a intervalos de aproximadamente treinta minutos a aproximadamente sesenta minutos durante todo el proceso.
13. Procedimiento conforme a la reivindicación 10, caracterizado en que además se aísla dicha cantidad de aluminio fundido utilizando dicha capa de escoria que tiene una temperatura de entre aproximadamente 2.000° C y aproximadamente 3.000° C.
14. Procedimiento conforme a la reivindicación 1, caracterizado en que además se aprovecha dicho segundo reactor (20) para eliminar dicho aluminio fundido; se mantiene un nivel constante de aluminio fundido dentro de dicho segundo reactor (20), y se recupera dicho aluminio libre de al menos dicho polímero.
15. Procedimiento conforme a la reivindicación 14, caracterizado en que la recuperación implica la recuperación de al menos aproximadamente el 90 por ciento de dicho aluminio libre de al menos dicho polímero de dicho material compuesto.
16. Procedimiento conforme a la reivindicación 1, caracterizado en que además el funcionamiento del proceso tiene una eficiencia energética de más de aproximadamente el 75 por ciento.

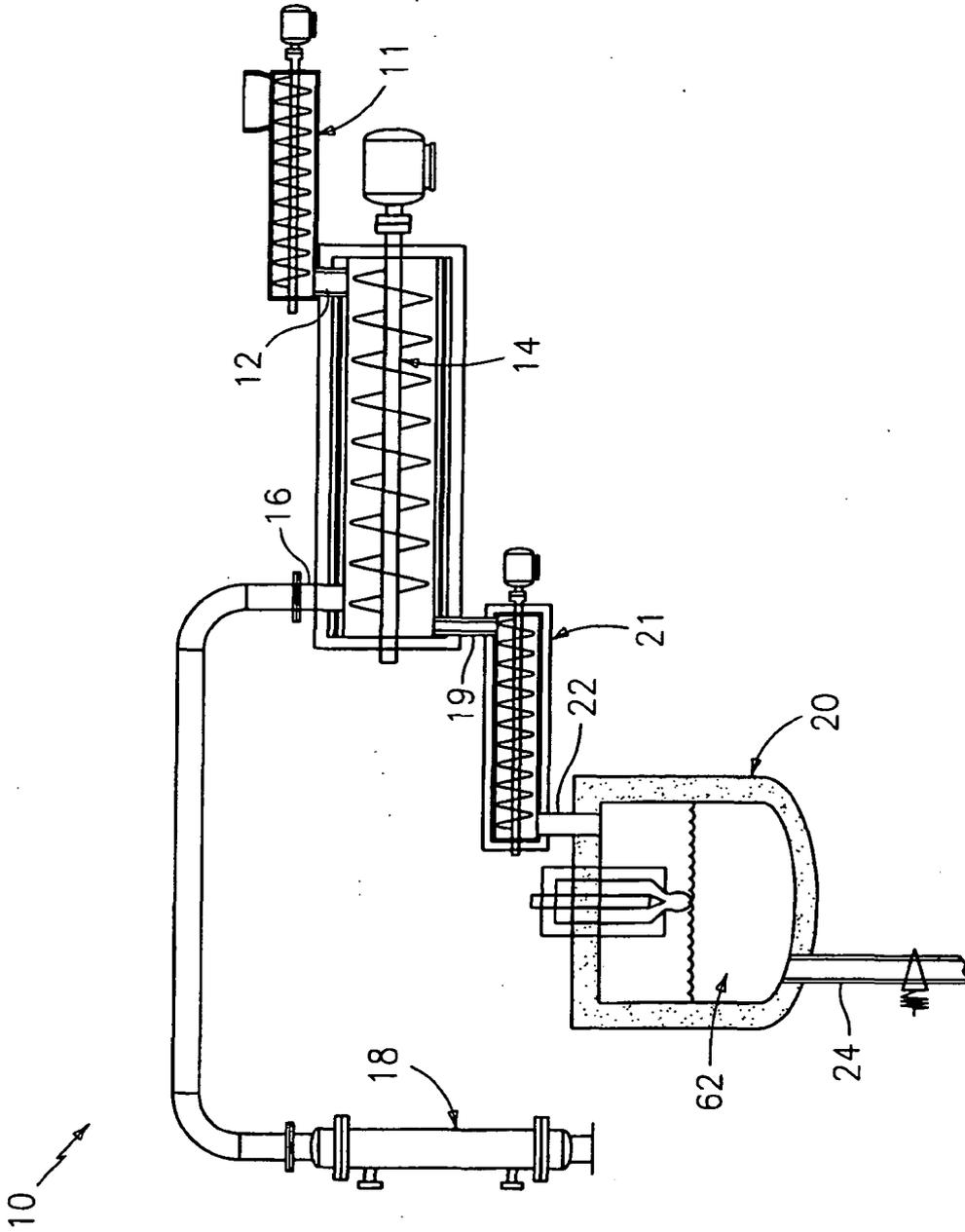


FIG. 1a

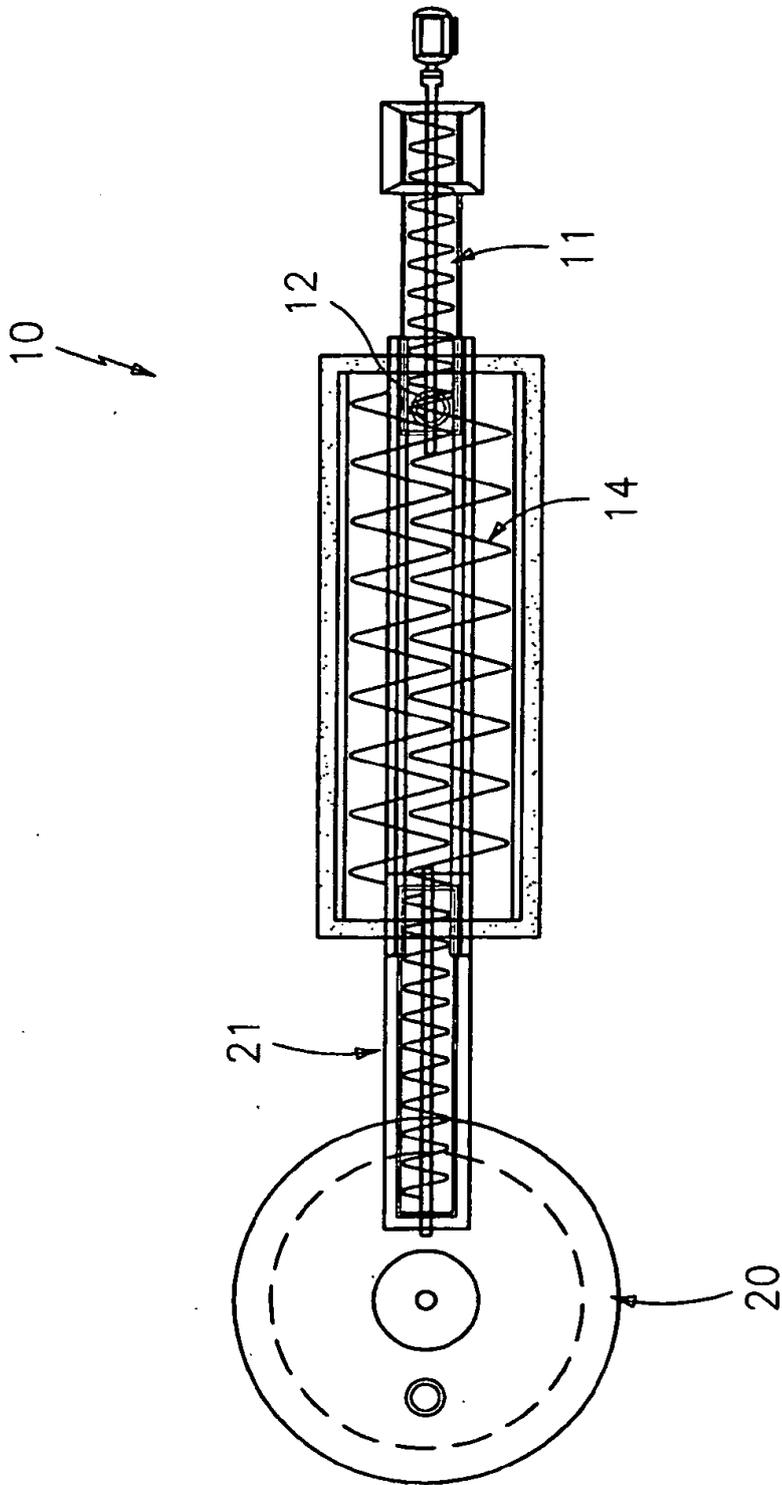


FIG. 1b

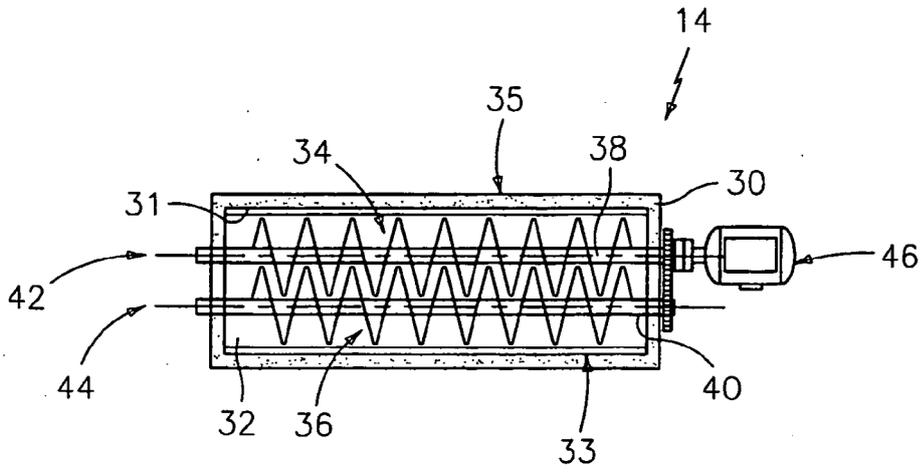


FIG. 2a

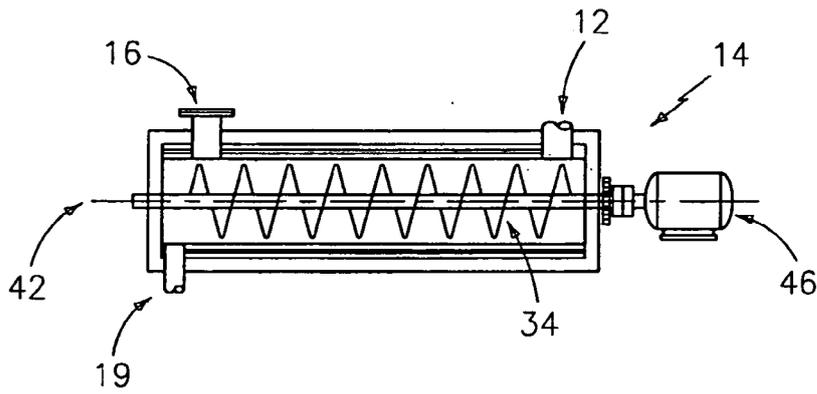


FIG. 2b

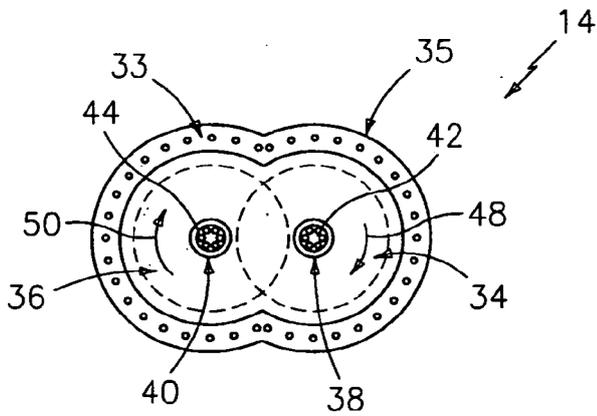


FIG. 2c

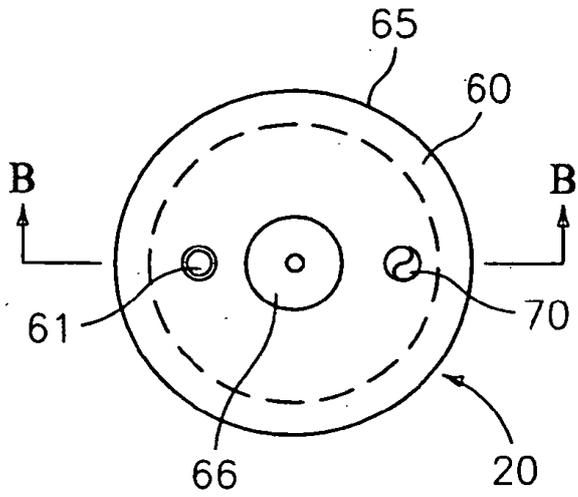


FIG. 3a

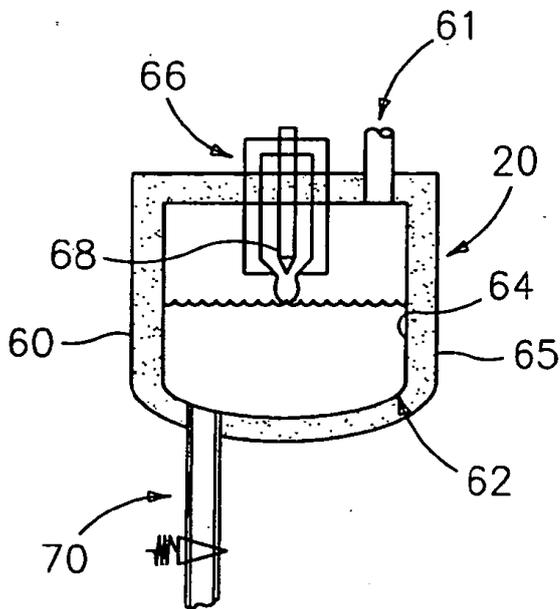


FIG. 3b

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

5 Documentos de patente citados en la descripción

- DE 4237161 A1 [0009]
- EP 0400925 A2 [0010]
- JP 56133432 A [0009]
- GB 2265385 A [0011]
- US 6193780 B1 [0009]
- JP 60152639 A [0012]