

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 445**

51 Int. Cl.:

B01F 23/47 (2012.01)
B01F 23/57 (2012.01)
B01F 35/21 (2012.01)
B01F 35/22 (2012.01)
H01M 4/04 (2006.01)
G01N 11/08 (2006.01)
B01F 27/50 (2012.01)
B01F 27/72 (2012.01)
B01F 35/75 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2021** **E 21217617 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2024** **EP 4202404**

54 Título: **Sistema y método para producir y controlar la producción de material viscoso, tal como pasta para batería, para aplicación industrial**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.10.2024

73 Titular/es:

BÜHLER AG (100.0%)
Gupfenstrasse 5
9240 Uzwil, CH

72 Inventor/es:

MARTI, JAN y
DOLDER, VALENTIN

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 982 445 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

Sistema y método para producir y controlar la producción de material viscoso, tal como pasta para batería, para aplicación industrial

Campo de la invención

La presente descripción se refiere a un proceso industrial de fabricación continua que comprende materiales viscosos en un flujo de producción. En particular, a un sistema y un método para sistemas de control y medición en línea conectados a un proceso continuo de mezcla de un sistema que comprende una extrusora para mezclar materiales sólidos o viscosos con líquidos y/o solventes para formar la pasta o los materiales viscosos, en donde la pasta o el material viscoso se descarga a través de una línea de suministro y al menos una salida de una pluralidad de salidas.

Antecedentes de la invención

Durante una producción continua típica de pastas viscosas, como las pastas para batería, con una extrusora, las propiedades de la pasta, tales como la reología, el tamaño de partícula y el contenido de sólidos, se miden fuera de línea en intervalos de tiempo definidos, es decir, 30 minutos por intervalo. Este método de medición implica un gran esfuerzo personal, y el retraso de tiempo entre la toma manual de muestras y las mediciones fuera de línea da como resultado propiedades y calidad del producto desconocidas durante todo el proceso de producción continuo. Además, en la fase de inicio y de terminación del proceso de producción continuo con una extrusora, el producto típicamente se divide manualmente en calidad de producción y residual mediante inspección visual, ya que una decisión basada en mediciones fuera de línea duraría demasiado, lo que generaría enormes cantidades de residuos. Por lo tanto, la inspección visual puede ser inexacta y puede reducir el rendimiento de producción, así como la calidad de la pasta.

Durante la producción, se pueden tomar muestras, p. ej., en intervalos de tiempo de 30 minutos para medir fuera de línea las propiedades de producto. Con la ayuda de estas mediciones fuera de línea, se intenta detectar las fluctuaciones de la producción, medir las propiedades de producto y ajustar varios parámetros de proceso. Con el método de medición fuera de línea existente, el proceso de producción continuo no se puede analizar satisfactoriamente, las fluctuaciones del proceso apenas se pueden rastrear y los ajustes de los parámetros se basan en un número extremadamente limitado de mediciones. Además, no se realiza ningún ajuste con respecto a la presión de salida de la extrusora en el proceso continuo de producción de pasta. El proceso de producción continuo se ve afectado en gran medida por la presión de salida, que depende de las tuberías y accesorios posteriores, la viscosidad y el rendimiento del producto. En resumen, existe la necesidad de desarrollar un sistema para mejorar el proceso de producción continuo de pastas viscosas, p. ej., pastas para batería, midiendo y visualizando continuamente las propiedades de producto para obtener información en tiempo real sobre la calidad de la pasta. Al mejorar el proceso de producción continuo, se aumenta la productividad, se mejora la reproducibilidad y controlabilidad de las propiedades de la pasta y se reducen los costes operativos y de inversión.

Para determinar continuamente las propiedades y la calidad de la pasta (p. ej., pasta para batería) en línea y en tiempo real, las siguientes propiedades de producto son particularmente importantes para la medición continua en línea: contenido de sólidos, comportamiento reológico, densidad, pH, conductividad, nivel de oxígeno disuelto y distribución del tamaño de partícula. En cuanto al proceso de recubrimiento posterior, las propiedades específicas de producto de la pasta para batería desempeñan un papel importante en la producción de baterías y, más particularmente, en la producción de pasta para batería. En los últimos años, las baterías de iones de litio se han utilizado ampliamente como fuentes de energía para conducir vehículos, incluidos vehículos híbridos y vehículos eléctricos, y equipos electrónicos portátiles, tales como teléfonos móviles y ordenadores portátiles. Las baterías tienen electrodos positivos y electrodos negativos, que se recubren con suspensiones para electrodos, también conocidas como pasta para batería, durante la producción de las baterías. En general, las celdas de batería típicamente constan de cinco subcomponentes: ánodo; cátodo; separador; electrolito; y recipiente de celda. La lista de materiales de la celda de batería identificaba la composición del material y el peso de cada uno de los subcomponentes de celda de batería. El ánodo está compuesto, p. ej., por un colector de corriente de cobre con una capa de pasta para electrodo negativo. La pasta para electrodo negativo, p. ej., consiste principalmente en grafito sintético, pero típicamente también contiene pequeñas cantidades de aglutinantes. El cátodo está compuesto, p. ej., por un colector de corriente de aluminio con una capa de pasta para electrodo positivo. La pasta para electrodo positivo puede consistir, p. ej., principalmente en el material activo positivo, $\text{Li}(\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$, y pequeñas cantidades de negro de carbón y un aglutinante. En las pastas tanto para electrodo positivo como negativo, típicamente se aplica un solvente para suspender las mezclas; después de aplicar las mezclas para electrodo a los colectores de corriente, los electrodos se hornean y el solvente se evapora.

La preparación de la pasta para batería es una etapa crucial en el proceso de producción de baterías, ya que la calidad de la pasta para batería debe controlarse constantemente. La imposibilidad de cumplir con la calidad requerida de la pasta para batería puede derivarse en baterías de baja calidad, altos costes operativos y un proceso de producción ineficiente. En particular, la viscosidad de la pasta debe medirse a diferentes velocidades de cizalla, ya que la pasta para batería es un medio de fluidificación por cizalla. Cuanto mayor sea la velocidad de cizalla, menor será la viscosidad de la pasta. La viscosidad debe medirse constantemente para determinar la calidad de la pasta.

Para controlar y comprender el comportamiento reológico de los materiales viscosos, es importante medir y monitorizar con exactitud el comportamiento reológico de un material. Dichos métodos y sistemas para medir y caracterizar las propiedades de un producto se describen en el campo técnico de la reometría. Algunos aspectos de la reología se refieren a la relación del comportamiento de flujo al de deformación del material y su estructura interna (p. ej., la orientación y el alargamiento de las moléculas de polímero) y del comportamiento de flujo al de deformación de los materiales que no pueden describirse mediante la mecánica de fluidos clásica o la elasticidad. Por lo tanto, la comprensión básica de la reología y el comportamiento físico de la superficie, es decir, el flujo de líquido y la interacción sólido-líquido, es importante para comprender los procesos y materiales de recubrimiento. Las mediciones reológicas o reométricas, tal como se entienden en la presente memoria, son la medición del comportamiento físico y las propiedades de cualquier material cuando se somete a tensión. Sin embargo, la invención se refiere esencialmente a líquidos y pastas. El alcance de las características puede abarcar los cambios en la forma de un líquido a medida que se aplica y/o elimina la fuerza física. La viscosidad es una propiedad reológica clave de los recubrimientos, en particular de la pasta para electrodos, y desempeña un papel importante en el posterior recubrimiento de las pastas sobre láminas. Pero también, en general, la viscosidad es una propiedad importante de los fluidos en aplicaciones industriales. La viscosidad se puede definir simplemente como la resistencia del material, como p. ej. la pasta o el líquido, a fluir y está relacionada con la fricción interna en el fluido. El flujo de cizalla se usa usualmente para observar el comportamiento del flujo. En un flujo de cizalla, las capas del fluido se mueven una con respecto a la otra debido a una fuerza de cizalla. Esta fuerza externa genera un esfuerzo de cizalla. El esfuerzo de cizalla se puede definir como una fuerza que actúa en un área determinada del fluido y que da como resultado un gradiente de velocidad a lo largo del espesor de la muestra conocido como “tasa de cizalla” o “velocidad de cizalla”. La “viscosidad de cizalla” o la “viscosidad dinámica” asociada con este proceso resulta de la relación entre el esfuerzo de cizalla y la velocidad de cizalla. Por lo tanto, la viscosidad es la relación entre el esfuerzo de cizalla y la velocidad de cizalla. Durante los procesos de recubrimiento, se ejercen fuerzas mecánicas de varios tipos y cantidades. La cantidad de esfuerzo cortante afecta directamente al valor de viscosidad de los fluidos no newtonianos. La mayoría de los recubrimientos experimentan cierto grado del fenómeno de “fluidificación por cizalla” cuando se trabajan mezclándolos o aplicándolos en una recubridora. A medida que aumenta la velocidad de cizalla, la viscosidad cae, en algunos casos, drásticamente. Para los procesos de recubrimiento, los parámetros reométricos deben monitorizarse como variables dinámicas, y debe controlarse cómo cambian durante el proceso de producción de la pasta de recubrimiento, así como durante el propio proceso de recubrimiento. La interacción mutua, en la que el proceso de producción y/o recubrimiento altera la viscosidad y los efectos reológicos pueden cambiar los procesos, hace que sea necesario una monitorización continua y permanente de los parámetros reológicos durante el proceso de producción y/o recubrimiento.

Como se indicó anteriormente, muchos materiales viscosos, tales como la pasta para recubrir electrodos de batería, se denominan “fluidos no newtonianos”. En aplicaciones industriales, muchos fluidos sencillos se clasifican como “fluidos newtonianos”. Para estos fluidos, la viscosidad es independiente del esfuerzo cortante ejercido. Los ejemplos incluyen agua e hidrocarburos de estructura sencilla. A medida que un fluido se vuelve más complejo, por ejemplo debido a la inclusión de burbujas de aire, gotas, partículas o polímeros, los fluidos pueden presentar un comportamiento más complicado y comportarse como fluidos no newtonianos. Para los fluidos no newtonianos, la viscosidad depende de la magnitud del esfuerzo cortante aplicado. Estos tipos de fluidos usualmente se denominan “fluidos estructurados” o “fluidos complejos”. Muchos productos que se encuentran en la industria y el comercio muestran dicho comportamiento no newtoniano. Ejemplos bien conocidos son la pasta de dientes, la mayonesa, las pinturas, los cosméticos y los cementos. Estos productos son básicamente sustancias con un comportamiento estructuralmente viscoso, es decir, la viscosidad disminuye al aumentar la velocidad de cizalla. Sin embargo, existen sustancias denominadas “dilatantes” altamente estructuradas en las que la viscosidad aumenta con la velocidad de cizalla. En la mayoría de los casos, se necesitan materiales que tengan una viscosidad alta a velocidades de cizalla bajas para evitar la formación de capas o la fluencia, pero que se vuelvan más delgadas a velocidades de cizalla más altas para que los materiales puedan aplicarse o procesarse más fácilmente. Por lo tanto, un único valor medido para la viscosidad no es suficiente para describir la viscosidad de dichos materiales. La viscosidad debe más bien medirse en un intervalo más amplio de velocidades de cizalla o esfuerzos de cizalla, o al menos a una velocidad de cizalla pertinente para el proceso o la aplicación. Los fluidos no newtonianos también pueden presentar otros fenómenos tales como el límite elástico, la tixotropía y la viscoelasticidad, que pueden tener un efecto no insignificante en el comportamiento del material y el rendimiento del producto. Otras medidas de viscosidad son la “viscosidad relativa”, la “viscosidad específica” y la “viscosidad intrínseca”. Estas medidas de viscosidad se refieren a dispersiones e indican la contribución de la fase disuelta o dispersa a la viscosidad de una solución o dispersión. En la técnica anterior, por ejemplo, se usan viscosímetros para medir la viscosidad de un fluido. Para líquidos con viscosidades que varían con las condiciones de flujo, se utiliza un reómetro como dispositivo de medición. En general, un reómetro puede considerarse como un tipo especial de viscosímetro. Los viscosímetros solo miden en una condición de flujo.

En particular, en lo que respecta a los procesos de recubrimiento, las propiedades reológicas desempeñan un papel importante en la producción de baterías y, más particularmente, en la producción de pasta para batería. En los últimos años, las baterías de iones de litio se han utilizado ampliamente como fuentes de energía para conducir vehículos, incluidos vehículos híbridos y vehículos eléctricos, y equipos electrónicos portátiles, tales como teléfonos móviles y ordenadores portátiles. Las baterías tienen electrodos positivos y electrodos negativos que se recubren con suspensiones para electrodos, también conocidas como pasta para batería, durante la producción de baterías. La preparación de la pasta para batería es una etapa crucial en el proceso de producción de baterías, ya que la calidad de la pasta para batería debe monitorizarse constantemente. La imposibilidad de cumplir con la calidad requerida de

la pasta para batería puede derivarse en baterías de baja calidad, altos costes operativos y un proceso de producción ineficiente. En particular, la viscosidad de la pasta debe medirse a diferentes velocidades de cizalla, ya que la pasta para batería es un medio de fluidificación por cizalla. Cuanto mayor sea la velocidad de cizalla, menor será la viscosidad de la pasta. La viscosidad debe medirse constantemente para determinar la calidad de la pasta.

El sistema de control y medición en línea de la presente invención se puede aplicar a varios procesos de fabricación convencionales conocidos, p. ej., proporcionando un sistema de control y medición en línea para analizar el producto final del proceso continuo de mezcla mediante una extrusora, como p. ej. la producción de baterías de iones de litio. Con respecto a la producción de baterías de iones de litio, en el estado de la técnica, la fabricación de electrodos de iones de litio es un proceso de varias etapas. Típicamente, las materias primas (materiales activos, aditivos, aglutinantes) se dispersan o disuelven en un solvente. La suspensión/mezcla resultante se aplica posteriormente sobre una lámina colectora de corriente, se seca/inmoviliza y se comprime/calandra. A continuación, los electrodos terminados se cortan en el tamaño requerido. Tradicionalmente, la etapa de preparación de la suspensión se realiza en sistemas de mezcla por lotes, lo que implica varias desventajas: tiempos de mezcla prolongados, variación de la calidad del producto entre lotes, alta energía específica del proceso, altos costes de mano de obra, problemas de escalabilidad, etc. Por lo tanto, existe una clara tendencia hacia la mezcla totalmente continua de las suspensiones para electrodos en los mezcladores de doble tornillo. El proceso de mezcla totalmente continuo se basa en la tecnología de extrusora de doble tornillo de rotación conjunta. Las materias primas (polvos y líquidos) se alimentan de forma precisa y continua al proceso en diferentes posiciones de la zona de proceso de la extrusora. De esta manera, la dosificación constante a corto plazo realiza en gran medida la mezcla distributiva real. La dispersión (mezcla dispersiva) de los componentes del polvo se ajusta ajustando varios parámetros de proceso, tales como la longitud de la zona de la extrusora, la geometría del elemento de tornillo de la extrusora, la configuración del tornillo de la extrusora, la velocidad del tornillo, la secuencia de dosificación, la concentración de amasado (concentración de sólidos en secciones seleccionadas de la zona de proceso), la temperatura de la zona de proceso y el perfil de presión en la zona de proceso.

Antes del proceso de recubrimiento, es necesario desgasificar la suspensión para electrodos, ya que las burbujas de aire excesivas darían como resultado un recubrimiento con defectos. En lugar de hacerlo en tanques de desgasificación, se puede conectar directamente a la extrusora una combinación de bomba de vacío y embutidora(s) lateral(es). Esto hace que la desgasificación fuera de línea quede obsoleta y permite transferir directamente la suspensión a la etapa de recubrimiento. Otra característica distintiva del proceso continuo de mezcla es la posibilidad de saltarse el largo proceso de disolución del aglutinante que generalmente se requiere en los sistemas de mezcla por lotes. Los aglutinantes y espesantes comunes que se utilizan en la fabricación de celdas de iones de litio, tales como, pero sin exclusión, el PVDF (para cátodos a base de NMP) o la CMC (para ánodos a base de agua), pueden alimentarse directamente al proceso de mezcla en su forma original (polvo seco) en lugar de disolverlos previamente en un proceso corriente arriba. La naturaleza sensible a la humedad de las materias primas seleccionadas para batería frecuentemente requiere procesar la suspensión en una atmósfera de cámara de secado. El sistema de mezcla totalmente continuo (extrusora y equipo periférico) se puede ejecutar completamente cerrado y, por lo tanto, es posible cubrir todo el sistema con gas inerte, lo que hace que una cámara de secado quede obsoleta. Otras características distintivas de la producción de suspensiones totalmente continua son el corto tiempo de procesamiento, menor energía de procesamiento específica, calidad constante (es decir, menos residuos), reducción significativa de los costes de mano de obra, alta productividad por línea de mezcla (varias toneladas por hora), optimización eficiente del proceso y la escalabilidad.

En los sistemas del estado de la técnica, existe una clara tendencia hacia la fabricación de electrodos sin contenido de solvente o con un contenido reducido. Esto está motivado por la necesidad de evitar el uso de solventes potencialmente tóxicos y evitar la evaporación de alto consumo energético. Además de los ahorros derivados de una menor o nula energía de secado, este proceso también tiene el potencial de reducir el espacio ocupado y los costes de capital de la fabricación de electrodos. Además, para algunos sistemas de materiales, el procesamiento completamente seco puede ser un requisito previo, ya que el contacto con el agua o el solvente orgánico no es tolerable. La reducción o eliminación de la cantidad de solvente en el electrodo conduce a un aumento significativo de la viscosidad. Una mezcla y dispersión adecuadas en los mezcladores por lotes comunes ya no son posibles. Por lo tanto, la tecnología de extrusora de husillo doble desempeña un papel importante en los procesos de próxima generación. En el estado de la técnica se conocen diversos sistemas de materiales y rutas de proceso basados en la tecnología de extrusión a los que se pueden aplicar los sistemas de control y medición en línea presentados en la presente memoria. A continuación se indica una selección ilustrativa:

(A) Sistema de materiales: (i) sin solventes: a) polvos: ánodo de material activo (p. ej., grafito), cátodo de material activo (p. ej., óxidos metálicos de litio), aditivos conductores (p. ej., negro de carbón, nanotubos de carbono), aglutinante (p. ej., PTFE, PVDF, termoplástico), electrolito sólido para celdas ASSB, etc., y (ii) contenido reducido de solventes (p. ej., 65-95 % de contenido de sólidos): a) polvos: ánodo de material activo (p. ej., grafito), cátodo de material activo (p. ej., óxidos metálicos de litio), aditivos conductores (p. ej., negro de carbón, nanotubos de carbono), aglutinante (p. ej., PTFE, PVDF, CMC/SBR), electrolito sólido para todas las baterías de estado sólido, etc., b) solventes: NMP, acetona, isopropanol, carbonato de dimetilo, carbonato de etileno, carbonato de propileno, etc.;

(B) proceso de mezcla/dispersión en la extrusora: (i) la dosificación de los componentes en polvo en la extrusora se puede realizar de una sola vez (al inicio de la zona de proceso) o por etapas (p. ej., dosificar los componentes sensibles a la cizalla más corriente abajo con la ayuda de un alimentador lateral), (ii) los sistemas sin solventes frecuentemente dependen del PTFE y de su capacidad de fibrilar bajo esfuerzo cortante. El grado de fibrilación puede verse influenciado en gran medida por la configuración del tornillo, la velocidad del tornillo, el rendimiento y el perfil de temperatura, (iii) contenido reducido de solventes: al igual que en el proceso de mezcla de suspensión convencional, los principales parámetros de proceso son la configuración del tornillo, la velocidad del tornillo, la secuencia de dosificación, la concentración de amasado y el perfil de temperatura.

(C) Conformación del producto para electrodos: Se conocen varios enfoques para conformar el producto: la conformación de productos intermedios (tales como gránulos o productos extruidos continuos) o la conformación directa de una película delgada. Por ejemplo, es posible hacer funcionar la extrusora con o sin una matriz. Se puede montar un equipo periférico adicional (p. ej., una granuladora/peletizadora, una extrusora de un solo tornillo o una bomba para la generación de presión adicional, etc.) y es posible que se requieran equipos adicionales para la conformación, compresión y laminación de películas delgadas. Dependiendo de la configuración del equipo y del sistema de materiales, se pueden lograr una multitud de formas y consistencias de productos diferentes. Ejemplos: (i) Sin solventes: a) gránulos (extrusor abierto); el tamaño de los gránulos se puede ajustar mediante la configuración del tornillo de la extrusora; posteriormente se prensan (calor) en una película y se laminan para colector de corriente, b) extrusión por fusión de un sistema con aglutinante termoplástico y conformación con una matriz extrusor. (ii) Solvente reducido: a) Dar forma con la ayuda de una matriz extrusora, p. ej., hebra/varilla (matriz circular), película (matriz ranurada), b) gránulos (matriz circular en combinación con un granulador/peletizador) como producto intermedio, c) Gránulos (extrusor abierto; el tamaño de los gránulos se puede ajustar mediante la configuración del tornillo extrusor) como producto intermedio, d) un producto pastoso fluido como producto intermedio.

En el estado de la técnica, el documento US-2.018.003.606A1 describe un proceso de evaporación o secado por pulverización con un equipo de secado por pulverización o un evaporador que comprende medir continuamente la viscosidad por cizalla de un producto líquido. La viscosidad de cizalla se usa como parámetro de entrada para controlar el evaporador o la boquilla pulverizadora. Permite el control en línea del evaporador o de la boquilla pulverizadora. Además, el documento WO2020216491A1 describe un método para producir baterías, en el que una suspensión con un parámetro de producto variable se extrude en un proceso de extensión por medio de una extrusora como una pasta para electrodos. Se determina una serie de parámetros de extrusión del proceso de extrusión, se calcula un modelo de tensión específico de extrusor sobre la base de los parámetros de extrusión y el proceso de extrusión se controla o regula sobre la base del modelo de tensión.

Resumen de la Invención

Un objeto de la presente descripción es proporcionar un sistema de control y medición en línea, que se conecte a la salida de producción de un proceso continuo de mezcla, p. ej., una extrusora de husillo doble para material viscoso, tal como pasta para batería o similares. El sistema debería poder medir continuamente las propiedades de producto del material viscoso y/o la pasta, producidos mediante un proceso continuo de mezcla, p. ej., una extrusora de husillo doble, en tiempo real. El sistema de control y medición en línea debe poder realizar una adquisición continua de datos sobre las propiedades de producto y los parámetros de proceso. Como tal, el sistema realiza mediciones en línea de estas propiedades y monitoriza los parámetros específicos del proceso en tiempo real durante el proceso de producción continuo. El sistema clasifica de forma continua y automática la calidad de la pasta en términos de producción, reproceso o residuos basado en los datos de medición en línea durante el proceso de producción, lo que aumenta el rendimiento de producción y reduce los residuos, ya que el producto de baja calidad no llega al tanque de producción o al proceso de producción posterior y el producto de alta calidad se introduce en el proceso de producción posterior. La clasificación de la calidad se ejecuta comparando los valores establecidos predefinidos que incluyen una región de alta calidad especificada, p. ej., una región de producción, una región de baja calidad, p. ej., una región de reproceso, y las regiones de residuos con valores de medición reales de propiedades específicas del producto, tales como la viscosidad, la densidad, el contenido de sólidos, el pH, la conductividad, la distribución del tamaño de partícula o el contenido de oxígeno. Dependiendo del valor de medición real de una propiedad específica del producto y sus regiones de producción, residuos y reproceso, el producto debe poder clasificarse en cuanto a calidad de producción, reproceso o residual. Como objeto adicional de la invención, el sistema debería poder controlar y ajustar automáticamente los parámetros de proceso basado en los datos de medición en línea durante el proceso de producción, mejorando así la calidad de la pasta. La presión en la salida de la extrusora debe ajustarse automáticamente usando una válvula de contrapresión, para estabilizar y optimizar el proceso de mezcla de la extrusora.

Cabe señalar que no solo las mediciones en línea mencionadas, tales como la viscosidad, la densidad, el contenido de sólidos, el pH, la conductividad, la distribución del tamaño de partícula y el contenido de oxígeno, pueden ser parámetros importantes para monitorizar el proceso de mezcla. Las variables medidas de la extrusora y su equipo periférico, p. ej., la torsión de la extrusora/temperatura del cilindro de la extrusora o de sensores adicionales, tales como los sensores de infrarrojo cercano, ultrasónicos o de espectroscopia Raman, pueden usarse para identificar la calidad del producto y también para mejorar el proceso de mezcla.

Cabe señalar que durante la producción, si la presión en la salida de la extrusora se mantiene constante con una válvula de contrapresión controlada, es decir, con una presión constante en la salida de la extrusora, las condiciones de mezcla/dispersión dentro de la extrusora son constantes. La presión en la salida de la extrusora influye en el grado de llenado de la extrusora y, en consecuencia, en la mezcla/dispersión dentro de la extrusora.

Según la presente invención, estos objetivos se logran, en particular, mediante las características de las reivindicaciones independientes. Además, de las reivindicaciones dependientes y las descripciones relacionadas se pueden deducir otras realizaciones ventajosas.

Según la presente invención, los objetivos mencionados anteriormente para un sistema de control y medición en línea se logran porque los sistemas de control y medición en línea se conectan a un proceso continuo de mezcla de un sistema que comprende una extrusora para mezclar materiales sólidos o viscosos con líquidos y/o solventes para formar la pasta o los materiales viscosos, en donde la pasta o el material viscoso se descarga a través de una línea de suministro y al menos una salida de una pluralidad de salidas, ya que el sistema comprende una línea de derivación que se extiende desde la línea de suministro para recibir un volumen de la pasta desde la línea de suministro, en donde la línea de derivación comprende una pluralidad de tuberías y una pluralidad de sensores, ya que el sistema comprende un equipo de control en comunicación con la extrusora y/o la pluralidad de sensores en la línea de derivación, en donde el equipo de control (i) recibe señales de al menos uno de la pluralidad de sensores en la línea de derivación, (ii) determina las propiedades de producto de la pasta basado en al menos las mediciones de sensor de los sensores en la línea de derivación, (iii) descarga la pasta a través de al menos una salida de la pluralidad de salidas basado en las propiedades de producto determinadas, y (iv) controla la extrusora y/o la válvula de presión, cuando las propiedades de producto determinadas de la pasta son diferentes de las propiedades de producto objetivo, y dado que la pluralidad de salidas comprende una primera salida en comunicación con una línea de producción, en donde la pasta de primera calidad se descarga a través de la primera salida y se alimenta a una siguiente etapa de producción, una segunda salida en comunicación con la extrusora, en donde la pasta de segunda calidad se descarga a través de la segunda salida y se alimenta de regreso al proceso continuo de mezcla a través de la extrusora, y una tercera salida en comunicación con un tanque de residuos, en donde la pasta de tercera calidad se descarga a través de la tercera salida y se recoge en el tanque de residuos.

El sistema se puede conectar, p. ej., mediante una tubería al proceso continuo de mezcla, p. ej., una extrusora que mezcla materiales sólidos y líquidos para producir un material viscoso y/o pasta, tal como pasta para batería. La pasta se puede empujar, p. ej., a través de la placa terminal de la extrusora y fluye a través de la línea de suministro del sistema y, finalmente, se descarga a través de al menos una salida de una pluralidad de salidas. El sistema puede incluir además un medidor de flujo dispuesto al principio de la línea de suministro del sistema para medir el rendimiento total de la producción de pasta, y una válvula de presión dispuesta en la línea de suministro para controlar la presión que actúa sobre la placa final de la extrusora. El sistema incluye además una ramificación de línea de derivación o un medidor de flujo de volumen desde la línea de suministro para recibir un volumen de la pasta desde la línea de suministro. Además, los sensores que miden la densidad, el pH, la conductividad, la viscosidad, la distribución del tamaño de partícula y el contenido de sólidos, etc., pueden incluirse, p. ej., en la línea de derivación. Estos sensores se utilizan para identificar las propiedades de producto de la pasta, p. ej., la pasta para batería.

En una realización, la pluralidad de sensores de presión incluye un primer sensor de presión dispuesto en el extremo corriente abajo de la bomba, un segundo sensor de presión dispuesto a una primera distancia del primer sensor de presión, un tercer sensor de presión dispuesto a una segunda distancia del segundo sensor de presión y un cuarto sensor de presión dispuesto a una tercera distancia del tercer sensor de presión. Las longitudes de las tuberías (y adaptadores) se pueden elegir preferiblemente para que sean idénticas a la distancia entre los sensores de presión; de lo contrario, puede ser difícil conectarlos.

En una realización, la pluralidad de tuberías incluye una primera tubería que tiene un primer diámetro interior y una primera longitud al menos igual a la primera distancia, una segunda tubería que tiene un segundo diámetro interior y una segunda longitud al menos igual a la segunda distancia, y una tercera tubería que tiene un tercer diámetro interior y una tercera longitud al menos igual a la tercera distancia. El segundo diámetro interior es diferente del primer diámetro interior y el tercer diámetro interior es diferente del primer diámetro interior y el segundo diámetro interior.

El sistema incluye además un equipo de control en comunicación con la extrusora, el medidor de flujo, la válvula de presión y la pluralidad de sensores de presión. El equipo de control (i) recibe señales indicativas de la presión y la velocidad de flujo de la pasta que fluye a través de la pluralidad de tuberías de la línea de derivación, (ii) determina la viscosidad de la pasta basado en al menos la presión y la velocidad de flujo de la pasta, (iii) descarga la pasta a través de la al menos una salida de la pluralidad de salidas basado en la viscosidad determinada, y (iv) controla la extrusora, cuando la viscosidad determinada de la pasta es diferente de la viscosidad objetivo.

En una realización, el equipo de control recibe la velocidad de flujo de la pasta que fluye a través de la línea de derivación y regula la bomba cuando la velocidad de flujo real de la pasta es diferente de la velocidad de flujo objetivo.

En una realización, el sistema incluye una bomba acoplada a la línea de suministro en el extremo corriente abajo del medidor de flujo, y la bomba recibe y descarga el volumen de la pasta a través de la línea de derivación.

En una realización, el sistema incluye un sensor de flujo dispuesto en la primera tubería entre el primer sensor de presión y el segundo sensor de presión para generar señales indicativas de la velocidad de flujo de volumen y/o la densidad de la pasta que fluye a través de la línea de derivación.

En una realización, el sistema incluye un dispositivo de medición dispuesto en la línea de derivación para medir el pH y la conductividad eléctrica de la pasta.

En una realización, el sistema incluye un sensor ultrasónico, es decir, un sensor basado en principios ultrasónicos, dispuesto en la línea de derivación para medir y/o calcular el contenido de sólidos de la pasta.

En una realización, el sistema incluye un dispositivo para detectar la presión dispuesto en una unión en la que la línea de derivación se extiende desde la línea de suministro para generar señales indicativas de la presión de la pasta que fluye a través de la línea de suministro.

En una realización, el sistema puede incluir, p. ej., un dispositivo para detectar gases dispuesto en la línea de suministro para generar señales indicativas del contenido de gases y/u oxígeno en la pasta. El contenido de gases en la pasta puede comprender, p. ej., oxígeno y el dispositivo para detectar gases puede ser, p. ej., un dispositivo para detectar oxígeno.

El equipo de control identifica la pasta como una pasta de primera calidad cuando la viscosidad determinada de la pasta es igual a la viscosidad objetivo (o la región de producción objetivo que se encuentra alrededor de la viscosidad objetivo), una pasta de segunda calidad cuando la viscosidad determinada de la pasta es diferente de la viscosidad objetivo e igual a una viscosidad predefinida (es decir, cuando la viscosidad está en un intervalo de parámetros de reproceso predefinido), o una pasta de tercera calidad cuando la viscosidad determinada de la pasta es diferente de la viscosidad objetivo correspondiente a la pasta de primera calidad y la viscosidad predefinida correspondiente a la pasta de segunda calidad (es decir, cuando la viscosidad está en una región de calidad de residuos). Como variante, no solo se usa la viscosidad como parámetro para identificar la "calidad" del material viscoso y/o la pasta. Además o por separado, se pueden utilizar otras mediciones, tales como la densidad, el contenido de sólidos, el pH, el contenido de oxígeno, la distribución del tamaño de partícula o la conductividad, p. ej., para determinar la calidad de la pasta y, además, proporcionar una clasificación de producción, reproceso y residuos.

En una realización, la pluralidad de salidas incluye una primera salida en comunicación con una línea de producción y la pasta de primera calidad se descarga a través de la primera salida, una segunda salida en comunicación con la extrusora y la pasta de segunda calidad se descarga a través de la segunda salida, y una tercera salida en comunicación con un tanque y la pasta de tercera calidad se descarga a través de la tercera salida y se recoge en el tanque.

En otro aspecto de la presente descripción, se proporciona un método para producir una pasta para una aplicación industrial usando el sistema anterior. El sistema incluye una extrusora para mezclar materias primas sólidas o viscosas y solventes para formar la pasta, p. ej., la pasta para batería, una línea de suministro y al menos una salida de una pluralidad de salidas para descargar la pasta, un medidor de flujo para medir la velocidad de flujo de la pasta a través de la línea de suministro y una válvula de presión para controlar la presión a la que la pasta se descarga a través de la línea de suministro. El método incluye recibir un volumen de la pasta desde la línea de suministro utilizando una línea de derivación, que incluye una pluralidad de sensores, una pluralidad de tuberías y una pluralidad de sensores de presión. El método incluye además recibir señales indicativas de la presión y la velocidad de flujo de la pasta, u otras señales de las mediciones de la pasta que fluye a través de la pluralidad de tuberías de la línea de derivación usando un equipo de control, determinar la viscosidad de la pasta basado en al menos la presión y la velocidad de flujo de la pasta usando el equipo de control, descargar la pasta a través de la al menos una salida de la pluralidad de salidas basado en la viscosidad determinada usando el equipo de control, y controlar la extrusora, el medidor de flujo y la válvula de presión usando el equipo de control, cuando la viscosidad determinada de la pasta es diferente de la viscosidad objetivo.

En una realización, el método incluye identificar la pasta usando el equipo de control como una pasta de primera calidad cuando la viscosidad determinada de la pasta es igual a la viscosidad objetivo, una pasta de segunda calidad cuando la viscosidad determinada de la pasta es diferente de la viscosidad objetivo e igual a una viscosidad predefinida, o una pasta de tercera calidad cuando la viscosidad determinada de la pasta es diferente de la viscosidad objetivo correspondiente a la pasta de primera calidad y la viscosidad predefinida correspondiente a la pasta de segunda calidad. La pasta de primera calidad se descarga a través de una primera salida de la pluralidad de salidas en comunicación con una línea de producción, la pasta de segunda calidad se descarga a través de una segunda salida de la pluralidad de salidas en comunicación con la extrusora, y la pasta de tercera calidad se descarga a través de una tercera salida de la pluralidad de salidas en comunicación con un tanque.

En otro aspecto de la presente descripción, una pasta producida por el sistema se usa para recubrir los electrodos de batería.

Otras características y aspectos de esta descripción resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción y los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se explicará con más detalle a modo de ejemplo en referencia a los dibujos en los que:

La figura 1A muestra un diagrama, que ilustra a modo de ejemplo una vista lateral de un sistema de control y medición en línea conectado a una extrusora y/o a un proceso continuo de mezcla para la producción de materiales viscosos, como p. ej. la producción de una pasta para una aplicación industrial, según una realización de la presente descripción. El sistema puede medir las propiedades de la suspensión y/o el material viscoso con sensores e identificar con los datos de sensor la calidad del producto, que se produce mediante la extrusora de husillo doble.

La figura 1B muestra un diagrama, que ilustra a modo de ejemplo una vista en perspectiva del sistema de la figura 1A, según una realización de la presente descripción;

la figura 2 es un diagrama en bloque esquemático del sistema ilustrativo de la figura 1A, según una realización de la presente descripción;

la figura 3 es un diagrama en bloque esquemático que ilustra un proceso de producción y los parámetros de control de calidad asociados con el proceso de producción, según una realización de la presente descripción;

la figura 4 es una representación gráfica que muestra una correlación entre la velocidad de cizalla y la viscosidad de cizalla;

la figura 5 es un diagrama en bloque esquemático que ilustra el proceso de producción, según otra realización de la presente descripción; y

la figura 6 es un diagrama de flujo esquemático de un método para producir la pasta, según una realización de la presente descripción.

La figura 7 es un diagrama esquemático que proporciona una ilustración simplificada de un proceso convencional (basado en solvente) frente a un proceso de próxima generación (sin solvente/solvente reducido).

Las figuras 8 y 9 son diagramas esquemáticos que ilustran que, por medio del sistema de medición de la invención, un operador puede seleccionar las propiedades que el sistema va a analizar y establecer el punto de ajuste y los intervalos de calidad para cada propiedad seleccionada. Los intervalos de calidad pueden definirse, p. ej., de la siguiente manera: densidad, pH, conductividad, viscosidad a una velocidad de cizalla dada, contenido de sólidos y contenido de oxígeno y/o gases. En particular, la viscosidad se puede establecer basada en una curva de reología establecida y/o definible.

La figura 10 es un diagrama en bloque esquemático que ilustra un sistema 100 ilustrativo que incluye la válvula 116 de dirección acoplada al equipo de control 302 para la transmisión de señal bidireccional o unidireccional, donde un producto se dispone en el extremo de la línea 104 de suministro que se acopla a la pluralidad de salidas 106. La válvula 116 de dirección dirige el flujo de la pasta a una salida de la pluralidad de salidas 106 dirigida por las señales recibidas desde el equipo de control 302 y el generador 3021 de señales, en donde la generación de señales se basa en la calidad de la pasta determinada por los datos de medición, que el equipo de control 302 recibe de los dispositivos de medición de la línea 202 de derivación y/u otros dispositivos/sensores de medición que monitorizan el proceso.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La figura 1 ilustra, esquemáticamente, una arquitectura para una posible implementación de una realización del sistema y método de control y medición en línea de la invención conectado a una extrusora y/o a un proceso continuo de mezcla para la producción de materiales viscosos, como p. ej. la producción de una pasta o material viscoso, tal como una pasta para batería con propiedades reológicas definidas para aplicaciones industriales. Ahora se hará referencia en detalle a realizaciones o características específicas, cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos adjuntos. Siempre que sea posible, se utilizarán números de referencia correspondientes o similares en todos los dibujos para hacer referencia a las mismas partes o a las correspondientes. Además, las referencias a varios elementos descritos en la presente memoria se hacen de forma colectiva o individual cuando puede haber más de un elemento del mismo tipo. Sin embargo, tales referencias son de naturaleza meramente ilustrativa. Cabe señalar que cualquier referencia a elementos en singular también puede interpretarse como una referencia al plural y viceversa sin limitar el alcance de la descripción al número o tipo exacto de dichos elementos, a menos que se establezca explícitamente en la reivindicación adjunta.

Con referencia a las figuras 1A y 1B, se ilustran una vista lateral y una vista en perspectiva, respectivamente, de un sistema 106 para medir continuamente las propiedades de producto y detectar simultáneamente las medidas de

calidad y, por lo tanto, obtener una retroalimentación de calidad de la pasta durante la producción industrial de la pasta para una aplicación industrial, según ciertas realizaciones de la presente descripción. El sistema 100 se usa para preparar la pasta, también denominada suspensiones para electrodos, para producir baterías. En particular, la pasta se usa para recubrir electrodos de batería, tales como electrodos positivos y electrodos negativos. El sistema 100 incluye una extrusora 102 para mezclar una materia prima sólida o viscosa (tal como materiales activos, aditivos conductores y aglutinantes) y un líquido para formar la pasta. El material sólido y el líquido se alimentan por separado y de forma controlable a la extrusora 102 para formar la pasta. El sistema 100 incluye además una línea 104 de suministro (ver la figura 2) acoplada a la extrusora 102. La pasta producida por la extrusora 102 se descarga a través de la línea 104 de suministro y al menos una salida de una pluralidad de salidas 106. La línea 104 de suministro incluye uno o más conductos que tienen diámetros interiores idénticos o diámetros interiores diferentes para permitir el flujo de la pasta a través de los mismos.

El sistema 100 incluye además un medidor de flujo de volumen o un medidor 110 de flujo dispuesto en la línea 104 de suministro para medir la velocidad de flujo de la pasta a través de la línea 104 de suministro. El medidor 110 de volumen o flujo se usa para medir constantemente una masa, o un volumen, de la pasta que proviene de la extrusora 102. El volumen de la pasta que fluye a través de la línea 104 de suministro se mide cada segundo para garantizar que la masa de la pasta que fluye a través de la línea 104 de suministro sea constante. Si el flujo de la pasta no es constante, entonces se entiende que el material sólido y el líquido no se mezclan en la extrusora 102 como se desea. La dosificación de líquidos puede ser mayor o menor que un valor de dosificación deseado o la dosificación de sólidos puede ser mayor o menor que un valor de dosificación deseado. Cabe señalar que es posible reducir o aumentar la velocidad de flujo manteniendo constante la relación de sólido a líquido sin alcanzar una condición de mezcla no deseada en la extrusora.

El sistema 100 incluye además una válvula 112 de presión dispuesta en la línea 104 de suministro para controlar la presión de la pasta descargada a través de la línea 104 de suministro. En una realización, la válvula 112 de presión puede controlarse mediante aire comprimido. La válvula 112 de presión se usa para mantener constante la presión de la pasta a medida que fluye a través de la línea 104 de suministro. La válvula 112 de presión puede preestablecerse con un valor de presión deseado, de modo que si la presión de la pasta que fluye a través de la línea 104 de suministro es mayor que el valor de presión deseado, entonces la válvula 112 de presión puede abrir la membrana para tener una sección transversal mayor para minimizar la presión dentro de la línea 104 de suministro. Por lo tanto, la válvula 112 de presión ayuda a establecer la presión de la pasta en la salida de la extrusora 102 para que sea constante.

El sistema 100 incluye además un dispositivo 114 para detectar gases dispuesto en la línea 104 de suministro para generar señales indicativas del contenido de gases, como p. ej. el contenido de oxígeno disuelto, en la pasta. En una realización, el dispositivo 114 para detectar gases se usa para medir continuamente el contenido de oxígeno en la pasta. Se usa un sistema de desgasificación en línea (no mostrado) en asociación con la extrusora 102 para minimizar o evitar el contenido de oxígeno en la pasta durante el proceso de mezcla. Los datos recibidos del dispositivo 114 para detectar gases pueden comunicarse con el sistema de desgasificación en línea para reducir o evitar el contenido de oxígeno en la pasta. En algunas realizaciones, el dispositivo 114 para detectar gases puede usarse para detectar la presencia de cualquier gas en la pasta durante la producción de la pasta.

El sistema 100 incluye además una válvula 116 de dirección dispuesta en el extremo de la línea 104 de suministro y acoplada a la pluralidad de salidas 106. La válvula 116 de dirección dirige el flujo de la pasta a una salida de la pluralidad de salidas 106 basada en la calidad de la pasta. En una realización, la válvula 116 de dirección puede accionarse hasta una posición abierta o una posición cerrada mediante aire comprimido y resortes. La pluralidad de salidas 106 incluye una primera salida 106A conectada al tanque de producción donde, por ejemplo, la pasta se alimenta posteriormente a una siguiente etapa de producción, una segunda salida 106B conectada a un tanque de reproceso (ya que este producto puede, p. ej., alimentarse de regreso al proceso de mezcla), y una tercera salida 106C conectada a un tanque 122 de residuos, teniendo los residuos una suspensión de baja calidad. En algunas realizaciones, la segunda salida 106B y la tercera salida 106C pueden combinarse para formar una única salida. La primera salida 106A, la segunda salida 106B y la tercera salida 106C se denominan colectivamente 'la pluralidad de salidas 106' o 'las salidas 106', e individualmente se denominan 'la salida 106', a menos que se mencione específicamente lo contrario.

Haciendo referencia a la figura 2, se ilustra un diagrama en bloque esquemático del sistema 100, según una realización de la presente descripción. Haciendo referencia a la figura 1A, la figura 1B y la figura 2, el sistema 100 incluye una línea 202 de derivación que se extiende desde la línea 104 de suministro para recibir un volumen de la pasta desde la línea 104 de suministro. La línea 202 de derivación incluye un primer conducto 204 que se extiende desde la línea 104 de suministro en una unión 'J0'. El volumen de la pasta recibida por la línea 202 de derivación es una fracción de la masa de la pasta descargada por la extrusora 102. Además, el volumen de la pasta recibida por la línea 202 de derivación, es decir, la velocidad de flujo de derivación, puede ser independiente de la velocidad de flujo de la línea de suministro, pero dentro del sistema, la velocidad de flujo de derivación puede adaptarse para obtener diferentes velocidades de flujo y, por lo tanto, diferentes velocidades de cizalla en las secciones de tubería que se usan para determinar la viscosidad. Un dispositivo 206 para detectar la presión se dispone en la unión 'J0' en la que la línea 202 de derivación se extiende desde la línea 104 de suministro. El dispositivo 206 para detectar la presión se usa para generar señales indicativas de la presión de la pasta que fluye a través de la línea 104 de suministro. El dispositivo

206 para detectar la presión mide la presión actual de la pasta en la unión 'J0' y usa los datos para regular la válvula 112 de presión para mantener una presión deseada en la línea 104 de suministro.

La línea 202 de derivación del sistema 100 incluye una bomba 210 acoplada a la línea 104 de suministro para extraer el volumen de la pasta desde la línea 104 de suministro. En particular, la bomba 210 va acoplada a un extremo del primer conducto 204 y el otro extremo del primer conducto 204 se acopla a la línea 104 de suministro en la unión 'J0'. La bomba 210 extrae el volumen de la pasta desde la línea 104 de suministro a través del primer conducto 204 y descarga la pasta a través de la línea 202 de derivación. En una realización, la bomba 210 es una bomba de tornillo. La bomba 210 también se usa para controlar el flujo del volumen de la pasta a través de la línea 202 de derivación. La bomba 210 transporta la pasta a diferentes caudales a través de la línea 202 de derivación, y cada caudal se mantiene constante durante un intervalo de tiempo deseado. Esto también es relevante para describir el principio del reómetro para medir la viscosidad a diferentes velocidades de cizalla.

La línea 202 de derivación incluye además una pluralidad de tuberías 212 acopladas al extremo corriente abajo de la bomba 210, y una pluralidad de sensores 214 de presión dispuestos en la pluralidad de tuberías 212. La pluralidad de tuberías 212 incluye una primera tubería 212A acoplada a la bomba 210, la primera tubería 212A es una tubería dentro del sensor 220 de flujo (la primera tubería 212A es la tubería dentro del sensor 220 de flujo), una segunda tubería 212B acoplada a la primera tubería 212A y una tercera tubería 212C acoplada a la segunda tubería 212B. La primera tubería 212A, la segunda tubería 212B y la tercera tubería 212C se denominan colectivamente 'la pluralidad de tuberías 212' o 'las tuberías 212', e individualmente se denominan 'la tubería 212', a menos que se mencione específicamente lo contrario. La pluralidad de sensores 214 de presión incluye un primer sensor 214A de presión dispuesto en el extremo corriente abajo de la bomba 210, un segundo sensor 214B de presión dispuesto en la línea 202 de derivación a una primera distancia 'D1' del primer sensor 214A de presión, un tercer sensor 214C de presión dispuesto en la línea 202 de derivación a una segunda distancia 'D2' del segundo sensor 214B de presión, y un cuarto sensor 214D de presión dispuesto en la línea 202 de derivación a una tercera distancia 'D3' del tercer sensor 214C de presión. La primera tubería 212A tiene un primer diámetro interior 'd1' y una primera longitud 'L1' definida entre un primer extremo 212A-1 y un segundo extremo 212A-2. El primer extremo 212A-1 de la primera tubería 212 se acopla al extremo corriente abajo de la bomba 210 en una primera unión 'J1'. La primera longitud 'L1' de la primera tubería 212A es al menos igual a la primera distancia 'D1' entre el primer sensor 214A de presión y el segundo sensor 214B de presión, y el primer sensor 214A de presión se dispone en la primera unión 'J1'. La segunda tubería 212B tiene un segundo diámetro interior 'd2' y una segunda longitud 'L2' definida entre un primer extremo 212B-1 y un segundo extremo 212B-2. El primer extremo 212B-1 de la segunda tubería 212B se acopla al segundo extremo 212A-2 de la primera tubería 212A en una segunda unión 'J2'. La segunda longitud 'L2' de la segunda tubería 212B es al menos igual a la segunda distancia 'D2' entre el segundo sensor 214B de presión y el tercer sensor 214C de presión, y el segundo sensor 214B de presión se dispone en la segunda unión 'J2'. El segundo diámetro interior 'd2' de la segunda tubería 212B es diferente del primer diámetro interior 'd1' de la primera tubería 212A. La tercera tubería 212C tiene un tercer diámetro interior 'd3' y una tercera longitud 'L3' definida entre un primer extremo 212C-1 y un segundo extremo 212C-2. El primer extremo 212C-1 de la tercera tubería 212C se acopla al segundo extremo 212B-2 de la segunda tubería 212B en una tercera unión 'J3'. La tercera longitud 'L3' de la tercera tubería 212C es al menos igual a la tercera distancia 'D3' entre el tercer sensor 214C de presión y el cuarto sensor 214D de presión, y el tercer sensor 214C de presión se dispone en la tercera unión 'J3'. El tercer diámetro interior 'd3' de la tercera tubería 212C es diferente del primer diámetro interior 'd1' de la primera tubería 212A y del segundo diámetro interior 'd2' de la segunda tubería 212B.

El sistema 100 incluye además un sensor 220 de flujo, utilizándose la tubería del sensor 220 de flujo como tubería 212A, dispuesto en la primera tubería 212A entre el primer sensor 214A de presión y el segundo sensor 214B de presión para generar señales indicativas de la velocidad de flujo de la pasta que fluye a través de la línea 202 de derivación. El sensor 220 de flujo también se usa para generar señales indicativas de la densidad de la pasta. El valor medido del flujo de volumen o la velocidad de flujo de volumen o la velocidad de flujo de masa se usa para controlar la bomba 210, como tal, la bomba 210 puede extraer el volumen de la pasta desde la línea 104 de suministro a una velocidad de flujo de volumen objetivo. Los valores medidos de densidad y flujo pueden usarse, p. ej., para generar la viscosidad de la pasta usando la pérdida de presión en cada tubería 212A, 212B y 212C. Además, la pérdida de presión en cada tubería 212A, 212B y 212C se puede usar para generar y/o calcular para cada tubería 212A, 212B y 212C la viscosidad de producto a una velocidad de cizalla específica, que depende del flujo de volumen y la sección transversal de cada una de estas tuberías. Por lo tanto, la bomba 210, en coordinación con el sensor 220 de flujo, permite que la pasta fluya a través de la línea 202 de derivación a la velocidad de flujo objetivo.

El sistema 100 puede incluir además un dispositivo 222 de medición, p. ej., una celda de flujo que incluye un sensor de pH y conductividad eléctrica, dispuesto en la línea 202 de derivación para medir el pH y la conductividad eléctrica de la pasta. En particular, la línea 202 de derivación incluye un segundo conducto 224 acoplado al segundo extremo 212C-2 de la tercera tubería 212C en una unión 'J4', y el dispositivo 222 de medición se dispone en el segundo conducto 224 para medir el valor de pH y la conductividad eléctrica de la pasta. La medición de la conductividad eléctrica ayuda a comprender el proceso de mezcla dentro de la extrusora 102 y la calidad de las materias primas, tales como los materiales sólidos y los solventes utilizados para fabricar la pasta o el producto viscoso.

El sistema 100 incluye además un sensor 226 ultrasónico dispuesto en el segundo conducto 224 para medir/calcular el contenido de sólidos en la pasta. El sensor 226 de estado sólido se puede usar para medir el contenido de sólidos

en la pasta mediante una función de correlación. El valor medido del contenido de sólidos ayuda a comprender el rendimiento y las fluctuaciones de la dosificación de sólidos y líquidos de la extrusora 102 durante el proceso de mezcla. Una desviación medida del contenido de sólidos objetivo puede indicar, p. ej., que las dosificaciones de sólidos o líquidas no funcionan correctamente.

Con referencia a la figura 3, se ilustra un diagrama en bloque esquemático de un proceso de producción y múltiples parámetros de control de calidad asociados con el proceso de producción, según una realización de la presente descripción. Haciendo referencia a las figuras 1A a 3, el sistema 100 incluye un equipo de control 302 en comunicación con la extrusora 102, el medidor 110 de flujo, la válvula 112 de presión, el dispositivo 206 para detectar la presión, el dispositivo 114 para detectar gases, la válvula 116 de dirección, la bomba 210, el sensor 220 de flujo, la pluralidad de sensores 214 de presión, el dispositivo 222 de medición y el sensor 226 ultrasónico. Durante la producción de la pasta, el equipo de control 302 recibe datos tales como la presión de la pasta que fluye a través de la línea 104 de suministro, la velocidad de flujo de la pasta y el contenido de gases, tales como el oxígeno en la pasta, desde el dispositivo 206 para detectar la presión, el medidor 110 de flujo y el dispositivo 114 para detectar gases, respectivamente. El equipo de control 302 recibe además señales indicativas de la presión de la pasta que fluye a través de la pluralidad de tuberías 212 de la línea 202 de derivación. En particular, el equipo de control 302 recibe la presión de la pasta que fluye a través de la primera tubería 212A, la segunda tubería 212B y la tercera tubería 212C desde el primer sensor 214A de presión, el segundo sensor 214B de presión, el tercer sensor 214C de presión y el cuarto sensor 214D de presión. El primer sensor 214A de presión genera señales indicativas de la presión de la pasta cerca del primer extremo 212A-1 de la primera tubería 212A y el segundo sensor 214B de presión genera señales indicativas de la presión de la pasta cerca del segundo extremo 212A-2 de la primera tubería 212A; de lo contrario, la presión cerca del primer extremo 212B-1 de la segunda tubería 212B. Un cambio en la presión se determina basado en un valor de la presión en el primer extremo 212A-1 y el segundo extremo 212A-2 de la primera tubería 212A. Además, el tercer sensor 214C de presión genera señales indicativas de la presión de la pasta cerca del segundo extremo 212B-2 de la segunda tubería 212B; de lo contrario, la presión cerca del primer extremo 212C-1 de la tercera tubería 212C. Un cambio en la presión se determina basado en un valor de la presión en el primer extremo 212B-1 y el segundo extremo 212B-2 de la segunda tubería 212B. Además, el cuarto sensor 214D de presión genera señales indicativas de la presión de la pasta cerca del segundo extremo 212C-2 de la tercera tubería 212C. Un cambio en la presión se determina basado en un valor de la presión en el primer extremo 212C-1 y el segundo extremo 212C-2 de la tercera tubería 212C. El equipo de control 302 también está en comunicación con el sensor 220 de flujo y recibe señales indicativas de la velocidad de flujo de la pasta que fluye a través de la línea 202 de derivación y la densidad de la pasta. Los datos indicativos de la velocidad de flujo se comunican además con la bomba 210 mediante el equipo de control 302 para controlar el funcionamiento de la bomba 210 de modo que la velocidad de flujo o la velocidad de flujo de volumen objetivo de la pasta se mantenga constante en la línea 202 de derivación. En particular, el equipo de control 302 recibe la velocidad de flujo de la pasta que fluye a través de la línea 202 de derivación y regula la bomba 210, cuando la velocidad de flujo real de la pasta es diferente de la velocidad de flujo objetivo. El equipo de control 302 también está en comunicación con el sensor 220 de flujo, el dispositivo 222 de medición y el sensor 226 ultrasónico para recibir parámetros de entrada tales como la velocidad de flujo de la pasta, la densidad de la pasta, el valor de pH, la conductividad eléctrica y el contenido de sólidos presente en la pasta.

El equipo de control 302 determina además la viscosidad de la pasta basado en la presión y la velocidad de flujo de la pasta que fluye a través de la línea 202 de derivación. La viscosidad se define generalmente como la resistencia de los fluidos al flujo y está relacionada con la fricción interna de los fluidos. Las características de flujo del fluido se definen además basadas en el flujo de cizalla, que a su vez se define mediante un esfuerzo de cizalla y una velocidad de cizalla. El esfuerzo de cizalla es una función de una fuerza cortante que actúa sobre un área determinada del fluido. Basado en el cambio de presión medido en cada uno de la primera tubería 212A, segunda tubería 212B y tercera tubería 212C, el equipo de control 302 determina la variación en la presión de la pasta que fluye a través de la línea 202 de derivación usando una relación matemática o una función de correlación. La variación de presión en la pasta que fluye a través de la línea 202 de derivación corresponde al esfuerzo de cizalla de la pasta que fluye a través de la línea 202 de derivación. Además, se determina la deformación de cizalla de la pasta que fluye a través de la línea 202 de derivación. La deformación de cizalla se define generalmente como una deformación en las características dimensionales de un patrón del flujo del fluido debido al esfuerzo de cizalla. En una realización, la deformación de cizalla de la pasta que fluye a través de la línea 202 de derivación se determina basada en el primer, segundo y tercer diámetros interiores 'd1', 'd2' y 'd3' de la pluralidad de tuberías 212 y la variación de presión en la pluralidad de tuberías 212. Basada en la deformación de cizalla, se determina la velocidad de cizalla de la pasta que fluye a través de la línea 202 de derivación. La velocidad de cizalla se define generalmente como la velocidad a la que se produce la deformación en el fluido. La viscosidad del fluido se define basada en una relación matemática entre el esfuerzo de cizalla y la velocidad de cizalla. En una realización, el equipo de control 302 determina la viscosidad de la pasta utilizando la variación de presión en la pluralidad de tuberías 212, que corresponde al esfuerzo de cizalla, y el tamaño, tal como el primero, segundo y tercer diámetros interiores 'd1', 'd2' y 'd3' y la primera, segunda y tercera longitudes 'L1', 'L2' y 'L3' de la pluralidad de tuberías 212 y la velocidad de flujo de la pasta que fluye a través de la línea 202 de derivación, que corresponde a la velocidad de cizalla. Como se muestra en la figura 4, la viscosidad disminuye al aumentar la velocidad de cizalla y viceversa.

El equipo de control 302 descarga además la pasta a través de la al menos una salida de la pluralidad de salidas 106 basado en la viscosidad determinada. El equipo de control 302 identifica la pasta como pasta de primera calidad

cuando la propiedad real del producto se encuentra dentro de una región preespecificada (p. ej., marcada como región de calidad de producción). Las propiedades de producto para identificar la calidad pueden ser, p. ej., la viscosidad, la densidad, el pH, la conductividad eléctrica, el contenido de oxígeno, el contenido de sólidos, etc. La viscosidad objetivo de la pasta se puede definir como la viscosidad de la pasta requerida para producir la batería con el rendimiento deseado. El valor objetivo de las propiedades de producto, así como de las regiones de producción, reproceso y residuos, puede, p. ej., ajustarse y almacenarse en una memoria o dispositivo de almacenamiento del equipo de control 302, p. ej., antes de que comience el proceso de producción o durante el proceso de producción. Las propiedades de producto objetivo pueden determinarse, p. ej., basadas en pruebas de laboratorio y resultados experimentales sobre el rendimiento de las baterías. La pasta de primera calidad se descarga a través de la primera salida 106A a la línea 120 de producción para fabricar las baterías. El equipo de control 302 también determina la primera calidad de la pasta basado en los parámetros de entrada, tales como la velocidad de flujo de la pasta en la línea 202 de derivación, la densidad de la pasta, el valor de pH, la conductividad eléctrica, el contenido de sólidos presente en la pasta y el contenido de gases presente en la pasta. El equipo de control 302 también puede identificar la pasta como una pasta de segunda calidad cuando la viscosidad determinada de la pasta es diferente del intervalo de viscosidad objetivo e igual a un intervalo de viscosidad predefinido. La viscosidad predefinida de la pasta puede definirse como una viscosidad de la pasta que tiene baja calidad en comparación con la pasta que tiene la viscosidad objetivo. Además, la pasta que tiene una viscosidad igual a la viscosidad predefinida se reprocesa para fabricar las baterías. La pasta de segunda calidad se descarga a través de la segunda salida 106B y se descarga a la extrusora 102 para su posterior mezcla y procesamiento para lograr la viscosidad objetivo. El equipo de control 302 también puede identificar la pasta como una pasta de tercera calidad cuando la viscosidad determinada de la pasta es diferente del intervalo de viscosidad objetivo correspondiente a la pasta de primera calidad y del intervalo de viscosidad predefinido correspondiente a la pasta de segunda calidad. La pasta de tercera calidad se descarga a través de la tercera salida 106C y se recoge en el tanque 122. La pasta de tercera calidad se considera residuos y se almacena en el tanque 122. Al identificar la pasta como pasta de primera calidad, pasta de segunda calidad o pasta de tercera calidad, el equipo de control 302 se comunica con la válvula 116 de dirección para permitir que la pasta fluya a través de una salida de la pluralidad de salidas 106.

El equipo de control 106 puede controlar, p. ej., la extrusora 102 y, como variante, la válvula 112 de presión, cuando la viscosidad determinada de la pasta es diferente de la viscosidad objetivo. Cuando el equipo de control 302 determina que la viscosidad de la pasta es diferente de la viscosidad objetivo y es igual a la viscosidad predefinida, entonces el equipo de control 302 identifica la pasta como la pasta de segunda calidad y acciona la válvula 116 de dirección para descargar la pasta de segunda calidad a través de la segunda salida 106B. Cuando la segunda salida 106B se comunica con la extrusora 102, la pasta de segunda calidad se mezcla con el material sólido y el líquido recibido en la extrusora 102. El equipo de control 302 recibe entradas tales como la viscosidad, la velocidad de flujo de densidad, la conductividad eléctrica, el valor de pH, la presencia de contenidos sólidos y la presencia de gases, tales como el oxígeno en la pasta, determinados. Además, el equipo de control 302 recibe una entrada indicativa de la dosificación del líquido, la dosificación del material sólido y la velocidad de rotación de la extrusora 102. Al recibir la entrada, el equipo de control 302 regula la operación, especialmente la velocidad de rotación de la extrusora 102, y controla la presión de la pasta en la salida de la extrusora 102 usando la válvula 112 de presión basado en los datos de presión actuales recibidos desde el dispositivo 206 para detectar la presión. Además, el equipo de control 302 regula la dosificación del líquido y el material sólido en la extrusora 102. Por lo tanto, el equipo de control 302 regula los diversos parámetros de proceso y parámetros de calidad del sistema 100 para producir la pasta que tenga la viscosidad objetivo. Cuando el equipo de control 302 determina que la viscosidad de la pasta es diferente de la viscosidad objetivo y de la viscosidad predefinida, entonces el equipo de control 302 identifica la pasta como la pasta de tercera calidad y acciona la válvula 116 de dirección para descargar la pasta de tercera calidad a través de la tercera salida 106C, de modo que la pasta de tercera calidad se recibe dentro del tanque 122. Cuando el equipo de control 302 determina que la viscosidad de la pasta es igual a la viscosidad objetivo, entonces el equipo de control 302 identifica la pasta como la pasta de primera calidad y descarga la pasta de primera calidad a través de la primera salida 106A, por lo que la pasta de primera calidad puede, p. ej., descargarse en un tanque de producción, donde la pasta se usa para las etapas posteriores de fabricación de la batería.

Haciendo referencia a la figura 5, se ilustra un diagrama esquemático del proceso de producción, según otra realización de la presente descripción. El sistema 100 incluye la extrusora 102 que está en comunicación con todos los dispositivos 502 para dosificar sólidos y todos los dispositivos 504 para dosificar líquidos. Cada dispositivo 502 para dosificar sólidos alimenta material sólido a la extrusora 102 y cada dispositivo 504 para dosificar líquidos alimenta líquido a la extrusora 102. Los dispositivos para dosificar sólidos, p. ej., pueden comprender un alimentador gravimétrico y el alimentador puede ser, p. ej., un alimentador volumétrico. Cabe señalar que en una planta usualmente se usan o se pueden usar múltiples dosificaciones de sólidos y líquidos. El equipo de control 302 está en comunicación bidireccional con los dispositivos 502 para dosificar sólidos y los dispositivos 504 para dosificar líquidos para recibir datos indicativos de la velocidad de flujo del material sólido y el líquido hacia la extrusora 102 y para controlar la velocidad de flujo del material sólido y el líquido, respectivamente. El dispositivo 502 para dosificar sólidos se comunica además con un alimentador 506 para alimentar el material sólido al dispositivo 502 para dosificar sólidos. El alimentador 506 está en comunicación con el equipo de control 302 para proporcionar datos indicativos del tiempo del ciclo de recarga. El tiempo del ciclo de recarga puede definirse como la cantidad de tiempo requerido para que el alimentador 506 rellene un volumen específico de material sólido en el dispositivo para dosificar sólidos. El alimentador 506 está en comunicación además con una bolsa 508 de crudo para almacenar el material sólido en su interior. La bolsa 508 de

crudo está en comunicación con el equipo de control 302 para proporcionar detalles de identificación del material sólido, que pueden corresponder a los detalles de fabricación y la composición del material sólido. De manera similar, el dispositivo 504 para dosificar líquidos se comunica con un tanque 510 de origen para almacenar el líquido requerido para mezclar con el material sólido para formar la pasta. El tanque 510 de origen está en comunicación con el equipo de control 302 para proporcionar detalles de identificación del líquido, que pueden corresponder a los detalles de fabricación y composición del líquido.

El equipo de control 302 recibe parámetros de entrada tales como la densidad, la viscosidad a diferentes velocidades de cizalla, la velocidad de flujo, la temperatura de la pasta, la temperatura ambiente, la humedad ambiente, la conductividad eléctrica de la pasta, el contenido de oxígeno y el contenido de material sólido, y determina la calidad de la pasta. Como variante, los parámetros de entrada se pueden ajustar al valor establecido e intervalos deseados de calidad residual, reproceso y de producción. El equipo de control 302 está diseñado para encontrar el índice de calidad para la viscosidad, el índice de calidad para la composición de la pasta y el índice de calidad para la precisión y consistencia de las propiedades de la pasta. El equipo de control 302 recibe datos en tiempo real de los diversos sensores del sistema 100 para predecir las características y la composición de la pasta. Además, el equipo de control 302 usa el índice de calidad para identificar la calidad de la pasta y acciona la válvula 116 de dirección para descargar la pasta basado en la calidad identificada de la pasta.

El equipo de control 302 puede, p. ej., controlar los dispositivos 502 para dosificar sólidos, los dispositivos 504 para dosificar líquidos o la velocidad del tornillo de la extrusora 102 para adaptar el proceso de producción y lograr la calidad de pasta requerida, que se denomina calidad de producción, es decir, para lograr una calidad de la pasta igual a la pasta de primera calidad. El equipo de control 302 está diseñado para controlar la viscosidad de la pasta ajustando uno o más dispositivos 504 para dosificar líquidos, separar la pasta de segunda calidad para reproceso, añadir una pequeña cantidad de la pasta de segunda calidad, o la pasta de calidad para reproceso, de regreso a la extrusora 102, separar la pasta de tercera calidad, o la pasta de calidad residual, en el tanque 122 y ajustar con precisión los parámetros operativos de la extrusora 102 para mejorar la calidad de la pasta. El equipo de control 302 requiere datos en tiempo real de la composición de la pasta, datos en tiempo real medidos y capturados desde los diversos sensores del sistema 100. Como se mencionó, el equipo de control 302 puede usar, p. ej., el índice de calidad o solo los valores establecidos y las regiones de parámetros de proceso importantes para identificar la calidad de la pasta y accionar la válvula 116 de dirección para descargar la pasta basado en la calidad identificada de la pasta, para controlar posibles correlaciones sobre cómo los parámetros operativos de la extrusora 102 y sobre cómo los dispositivos 502, 504 para dosificar líquidos y sólidos influyen en la calidad de la pasta.

El proceso de producción de la pasta usando el sistema 100 se ilustra en detalle a continuación con referencia a las figuras 1A a 5. Al inicio del proceso de producción, la extrusora 102 y el dispositivo 504 para dosificar líquidos se accionan mediante un control de planta. La pasta que contiene sólidos y solventes sale de la extrusora 102 y se descarga a través de la línea 104 de suministro. La bomba 210 extrae partes de la pasta hacia la línea 202 de derivación. El equipo de control 302 determina la calidad de la pasta basado en los valores medidos de las propiedades de la pasta, tales como la densidad, la viscosidad y el contenido de sólidos, recibidos desde el sensor 220 de flujo, la pluralidad de sensores 214 de presión y el sensor 226 de estado sólido, respectivamente. El equipo de control 302 recibe el valor medido de la presión en la línea 104 de suministro desde el dispositivo 206 para detectar la presión y controla la válvula 112 de presión para mantener constante la presión en la salida de la extrusora para no influir en el proceso de mezcla de la extrusora 102. El equipo de control 302 identifica además la calidad de la pasta como la pasta de tercera calidad y acciona la válvula 116 de dirección para descargar la pasta a través de la tercera salida 106C en el tanque 122.

El dispositivo 502 para dosificar sólidos se acciona además mediante el equipo de control 302, y las propiedades de la pasta descargada desde la extrusora 102 se aproximan gradualmente a un valor objetivo de las propiedades. El medidor 110 de flujo, el sensor 220 de flujo, la pluralidad de sensores 214 de presión, el sensor 226 de estado sólido, el dispositivo 114 para detectar gases, el dispositivo 222 de medición y el dispositivo 206 para detectar la presión monitorizan y miden constantemente las propiedades de la pasta. El equipo de control 302 recibe el valor medido de la presión en la línea 104 de suministro desde el dispositivo 206 para detectar la presión y controla la válvula 112 de presión para aumentar la presión en la salida de la extrusora 102. El equipo de control 302 recibe además el valor medido de las propiedades de la pasta e identifica la calidad de la pasta como la pasta de segunda calidad y acciona la válvula 116 de dirección para descargar la pasta a través de la segunda salida 106B para su reproceso.

La extrusora 102, el dispositivo 504 para dosificar líquidos y el dispositivo 502 para dosificar sólidos funcionan constantemente, y el proceso de producción se vuelve constante. La calidad de la pasta y las propiedades de la pasta alcanzan gradualmente la calidad objetivo y las propiedades objetivo, respectivamente. El equipo de control 302 mide constantemente las propiedades de la pasta utilizando los diversos sensores e identifica que la calidad de la pasta mejora. Basado en los datos de presión del dispositivo 206 para detectar la presión, el equipo de control 302 ajusta la presión en la salida de la extrusora 102 a la presión objetivo e identifica la calidad de la pasta como la pasta de primera calidad. El equipo de control 302 acciona además la válvula 116 de dirección para descargar la pasta a través de la primera salida 106A en la línea 120 de producción.

Durante el proceso de producción, el proceso de mezcla en la extrusora 102 funciona constantemente y no se observa ninguna fluctuación del proceso. El equipo de control 302 recibe constantemente las propiedades de la pasta desde los diversos sensores e intenta reconocer las irregularidades. El equipo de control 302 determina además la viscosidad de la pasta a diferentes velocidades de cizalla basado en el volumen de pasta extraída de la línea 104 de suministro por la bomba 210 a diferentes velocidades de flujo. La calidad de la pasta sigue siendo la pasta de primera calidad para producir baterías. En caso de que el equipo de control 302 determine que la viscosidad de la pasta es superior a la viscosidad objetivo, el equipo de control 302 identifica la pasta como la pasta de segunda calidad y acciona la válvula 116 de dirección para descargar la pasta a través de la segunda salida 106B. Simultáneamente, el equipo de control 302 regula la velocidad de rotación de la extrusora 102 y controla la dosificación del líquido y el material sólido para lograr que las propiedades de la pasta alcancen el valor objetivo de las propiedades. Cuando falla la dosificación del líquido y de los materiales sólidos, la calidad de la pasta disminuye. El equipo de control 302 detecta el fallo de las dosificaciones de líquido y sólido y determina la calidad de la pasta basado en las propiedades de la pasta recibida desde los diversos sensores. El equipo de control 302 identifica además la calidad de la pasta como la pasta de tercera calidad y acciona la válvula 116 de dirección para descargar la pasta a través de la tercera salida 106C en el tanque 122.

Al final del proceso de producción, los uno o más dispositivos 502 para dosificar sólidos se apagan primero. Cuando se detiene la dosificación de sólidos, la calidad de la pasta disminuye y se encuentra un mayor contenido de solvente en el producto. Con la ayuda del sensor 226 ultrasónico (que mide el contenido de sólidos, no el estado sólido), el equipo de control 302 puede determinar que la pasta tiene una pequeña cantidad de contenido de sólidos. También se pueden usar señales de densidad y/o viscosidad como indicaciones de un bajo contenido de sólidos. El equipo de control 302 recibe además el valor medido de la presión en la línea 104 de suministro desde el dispositivo 206 para detectar la presión y controla la válvula 112 de presión para minimizar la presión en la salida de la extrusora 102. El equipo de control 302 identifica además la calidad de la pasta como la pasta de tercera calidad y acciona la válvula 116 de dirección para descargar la pasta a través de la tercera salida 106C en el tanque 122. Además, los uno o más dispositivos 504 para dosificar líquidos se apagan. El equipo de control 302 reconoce que solo el solvente permanece en la línea 104 de suministro y controla la válvula 112 de presión para minimizar la presión en la salida de la extrusora 102. El equipo de control 302 identifica además la calidad de la pasta como la pasta de tercera calidad. Finalmente, la extrusora 102 se apaga para finalizar el proceso de producción.

Haciendo referencia a la figura 6, se ilustra un diagrama de flujo esquemático de un método 600 para producir la pasta, según una realización de la presente descripción. El método 600 se describe con referencia al sistema 100 ilustrado en las figuras 1A a 5. El método 600 puede describirse en el contexto general de las instrucciones ejecutables por ordenador que pueden ubicarse en medios de almacenamiento informáticos tanto locales como remotos, incluidos los dispositivos de almacenamiento de memoria. El orden en el que se describe el método 600 no pretende interpretarse como una limitación, y cualquier número de las etapas del método descritas se puede combinar en cualquier orden para implementar el método 600. Además, las etapas individuales pueden eliminarse u omitirse del método 600 sin apartarse del espíritu y el alcance de la presente descripción. En una realización, el método 600 puede ejecutarse mediante el equipo de control 302 de la presente descripción.

En la etapa 602, el método 600 incluye recibir el volumen de la pasta desde la línea 104 de suministro usando la línea 202 de derivación, que incluye la pluralidad de tuberías 212 y la pluralidad de sensores 214 de presión. El primer conducto 204 de la línea 202 de derivación se extiende desde la línea 104 de suministro en la unión 'J0' y la bomba 210 que se acopla al primer conducto 204 de la línea 202 de derivación extrae el volumen de la pasta de la línea 104 de suministro a través del primer conducto 204 y descarga la pasta a través de la línea 202 de derivación. La bomba 210 regula la velocidad de flujo de la pasta recibida dentro de la línea 202 de derivación a la velocidad de flujo objetivo basada en la entrada, tal como el valor de la velocidad de flujo recibido desde el sensor 220 de flujo. El equipo de control 302 recibe la entrada del sensor de flujo 220 y comunica la entrada con la bomba 210.

En la etapa 604, el método 600 incluye recibir señales indicativas de la presión y la velocidad de flujo de la pasta que fluye a través de la pluralidad de tuberías 212 de la línea 202 de derivación utilizando el equipo de control 302. El equipo de control 302 recibe la presión de la pasta que fluye a través de la primera tubería 212A, la segunda tubería 212B y la tercera tubería 212C de la pluralidad de tuberías 212 desde el primer sensor 214A de presión, el segundo sensor 214B de presión, el tercer sensor 214C de presión y el cuarto sensor 214D de presión de la pluralidad de sensores 214. El equipo de control 302 determina el cambio de presión en cada uno de la primera tubería 212A, la segunda tubería 212B y la tercera tubería 212C basado en las señales recibidas de la pluralidad de sensores 214. El equipo de control 302 recibe además señales indicativas de la velocidad de flujo de la pasta que fluye a través de la línea 202 de derivación y la densidad de la pasta desde el sensor 220 de flujo.

En la etapa 606, el método 600 incluye determinar la viscosidad de la pasta basada en al menos la presión y la velocidad de flujo de la pasta usando el equipo de control 302. El equipo de control 302 determina la viscosidad de la pasta basada en varios parámetros de entrada. Los parámetros de entrada incluyen el cambio de presión medido en cada uno de la primera tubería 212A, segunda tubería 212B y tercera tubería 212C, las características dimensionales tales como el primero, segundo y tercer diámetros interiores 'd1', 'd2' y 'd3' y la primera, segunda y tercera longitudes 'L1', 'L2' y 'L3', respectivamente, de la pluralidad de tuberías 212, la velocidad de flujo de la pasta que fluye a través

de la línea 202 de derivación, la densidad de la pasta, el valor de pH, la conductividad eléctrica, el contenido de sólidos presente en la pasta y el contenido de gases presente en la pasta.

En la etapa 608, el método 600 incluye descargar la pasta a través de la al menos una salida de la pluralidad de salidas 106 basado en la viscosidad determinada utilizando el equipo de control 302. El equipo de control 302 identifica la pasta como la pasta de primera calidad cuando la viscosidad determinada de la pasta es igual a la viscosidad objetivo, identifica la pasta como la pasta de segunda calidad cuando la viscosidad determinada de la pasta es diferente de la viscosidad objetivo e igual a la viscosidad predefinida, o identifica la pasta como la pasta de tercera calidad cuando la viscosidad determinada de la pasta es diferente de la viscosidad objetivo correspondiente a la pasta de primera calidad y la viscosidad predefinida correspondiente a la pasta de segunda calidad. La pasta de primera calidad se descarga a través de la primera salida 106A a la línea 120 de producción para fabricar las baterías, la pasta de segunda calidad se descarga a través de la segunda salida 106B y se descarga a la extrusora 102 para su posterior mezcla y procesamiento para lograr la viscosidad objetivo, y la pasta de tercera calidad se descarga a través de la tercera salida 106C y se recoge en el tanque 122. Al identificar la pasta como pasta de primera calidad, pasta de segunda calidad o pasta de tercera calidad, el equipo de control 302 se comunica con la válvula 116 de dirección para permitir que la pasta fluya a través de una de la pluralidad de salidas 106.

En la etapa 610, el método 600 incluye controlar la extrusora 102 y la válvula 112 de presión usando el equipo de control 302, cuando la viscosidad determinada de la pasta es diferente de la viscosidad objetivo. Cuando el equipo de control 302 determina que la viscosidad de la pasta es diferente de la viscosidad objetivo y es igual a la viscosidad predefinida, entonces el equipo de control 302 identifica la pasta como la pasta de segunda calidad y acciona la válvula 116 de dirección para descargar la pasta de segunda calidad a través de la segunda salida 106B. El equipo de control 302 recibe entradas tales como la viscosidad determinada, la densidad, la velocidad de flujo, la conductividad eléctrica, el valor de pH, la presencia de contenido de sólidos y la presencia de oxígeno y/o gases en la pasta. Además, el equipo de control 302 recibe una entrada indicativa de la dosificación del líquido, la dosificación del material sólido y la velocidad de rotación de la extrusora 102. Al recibir la entrada, el equipo de control 302 regula la operación, especialmente la velocidad de rotación de la extrusora 102, y controla la presión de la pasta en la salida de la extrusora 102 usando la válvula 112 de presión basado en los datos de presión actuales recibidos desde el dispositivo 206 para detectar la presión. Además, el equipo de control 302 regula la dosificación del líquido y el material sólido en la extrusora 102. Por lo tanto, el equipo de control 302 regula dichos diversos parámetros de proceso y los parámetros de calidad del sistema 100 para producir la pasta que tiene la viscosidad objetivo.

Cabe señalar que todas estas etapas 602-610 se realizan o procesan preferiblemente de forma continua y se pueden realizar una y otra vez como ciclos de producción.

Finalmente, como otra variante de realización, se pueden realizar las siguientes mediciones, p. ej., en la derivación: densidad, viscosidad a varias velocidades de cizalla (p. ej., con un mínimo de 3), contenido de sólidos, pH, distribución del tamaño de partícula y conductividad. La medición de estas propiedades es importante para evaluar si el producto cumple con una calidad determinada y si el proceso continuo es estable. Como se ilustra en las figuras 8 y 9, por medio del sistema de medición de la invención, un operador puede, p. ej., seleccionar las propiedades que el sistema va a analizar y establecer el punto de ajuste y los intervalos de calidad para cada propiedad seleccionada. Los intervalos de calidad pueden definirse, p. ej., de la siguiente manera: densidad, pH, conductividad, viscosidad a una velocidad de cizalla dada, contenido de sólidos, contenido de oxígeno y/o gases y distribución del tamaño de partícula. En particular, la viscosidad se puede establecer basada en una curva de reología establecida y/o definible.

Las propiedades de producto son de enorme importancia para los procesos posteriores de producción porque:

- **Sólidos:** Siempre debe haber un contenido de sólidos idéntico en la pasta; de lo contrario, la carga de sólidos puede cambiar durante el recubrimiento de la película. Lo ideal es que siempre haya una carga sólida idéntica en toda la película para mejorar el rendimiento de la batería.

- **Viscosidad:** La viscosidad es un punto clave en el recubrimiento de los electrodos con pasta. En primer lugar, es importante que la boquilla de recubrimiento tenga una viscosidad similar para crear el recubrimiento de manera uniforme desde la boquilla. En segundo lugar, cuando el recubrimiento se seca, la viscosidad debe ser alta para que el recubrimiento no fluya durante el secado.

- **Densidad:** Es importante que las materias primas individuales tengan la misma composición en la pasta. La densidad proporciona información sobre esto.

- **pH y conductividad:** el pH y la conductividad también pueden influir en las propiedades de proceso o de producto.

- **distribución del tamaño de partícula:** la distribución del tamaño de partícula es importante para comprender el efecto dispersante del proceso de mezcla. Además, la distribución del tamaño de partícula puede mostrar el grado de dispersión de los sólidos, que se correlaciona con el rendimiento general de la batería.

Contenido de oxígeno: El contenido de oxígeno de la suspensión puede ser importante, ya que influye en la carga sólida de la película producida durante la aplicación de la suspensión para electrodos sobre una lámina. Con un contenido de oxígeno irregular, la carga de masa de la película varía. Además, las burbujas de gas en la suspensión pueden provocar defectos en el recubrimiento. Por lo tanto, la invención permite no llevar la pasta producida con mala calidad a una producción posterior si una propiedad del producto ya no cumple con la calidad de producción. La pasta se produce usualmente en un recipiente de producción o recipiente de residuos. Un recipiente de reproceso podría servir para regresar al proceso de mezcla.

Por medio del equipo de control 302 de la invención, que recibe los datos de medición mencionados anteriormente, tales como la densidad, la viscosidad a varias velocidades de cizalla (p. ej., con un mínimo de 3), el contenido de sólidos, el pH, el contenido de oxígeno y/o gases, la distribución del tamaño de partícula y la conductividad, etc., durante el proceso de producción y a la salida del proceso de producción. Como se ha mencionado, el sistema 100 incluye la válvula 116 de dirección acoplada al equipo de control 302 para la transmisión de señales bidireccional o unidireccional, donde un producto de salida se dispone en el extremo de la línea 104 de suministro que se acopla a la pluralidad de salidas 106. La válvula 116 de dirección dirige el flujo de la pasta a una salida de la pluralidad de salidas 106 dirigida por las señales recibidas desde el equipo de control 302 y el generador 3021 de señales, en donde la generación de señales se basa en la calidad de la pasta determinada por los datos de medición, que el equipo de control 302 recibe de los dispositivos de medición de la línea 202 de derivación u otros dispositivos/sensores de medición que monitorizan el proceso. El generador 3021 de señales puede, p. ej., monitorizar continuamente las señales generadas que dirigen la válvula 116 de dirección, proporcionando de este modo una funcionalidad de retroceso y avance de las señales históricas monitorizadas para un operador. Las salidas 106 pueden incluir al menos una primera salida 106A conectada al tanque de producción donde, por ejemplo, la pasta se alimenta posteriormente a una siguiente etapa de producción, una segunda salida 106B conectada a un tanque de reproceso (ya que este producto puede, p. ej., alimentarse de regreso al proceso de mezcla), y una tercera salida 106C conectada a un tanque 122 de residuos, teniendo los residuos una suspensión de baja calidad. La segunda salida 106B y la tercera salida 106C pueden combinarse para formar una única salida. También puede haber diferentes primeras salidas 106A, que producen diferentes calidades dentro de diferentes intervalos de parámetro utilizables para diferentes aplicaciones. Los datos sensoriales de los sensores 214, 220, 226, etc. pueden capturarse, p. ej., mediante una unidad 3023 de activación, en donde diferentes secciones, como, p. ej., la sección de reproceso, la sección de residuos o la sección de lote o producto, se activan dependiendo de los valores sensoriales medidos, secciones que se pueden definir previamente, por ejemplo, en una unidad 3024 de monitorización.

Cabe señalar que la interacción de la invención del equipo de control 302 en relación con la válvula 116 de dirección y las diversas salidas 106 no depende de la realización de la línea 202 de derivación según la invención, sino que puede realizarse con otros dispositivos de medición capaces de medir las propiedades reológicas del producto que, por ejemplo, se relacionan con tensores de tensión y velocidad de deformación en diferentes condiciones de flujo, tales como la cizalla oscilatoria o el flujo extensional. Por lo tanto, las características de producto y otras propiedades reológicas también pueden medirse, p. ej., usando dispositivos o reómetros distintos de la línea 202 de derivación, sin tener un impacto directo en la dirección y señalización del proceso de la invención del equipo de control 302 en conexión con la válvula 116 de dirección y las diversas salidas 106.

El método de la invención basado en la interacción del equipo de control 302 en conexión con la válvula 116 de dirección y las diversas salidas 106 permite monitorizar, dirigir y señalar continuamente las características de producto dentro del ciclo de producción, proporcionando una salida con un intervalo exacto y predefinido de parámetros y características. Esto no se puede lograr con los dispositivos del estado de la técnica, que típicamente solo permiten un control por lotes o un control manual del producto de salida. Los productos de salida que tienen parámetros con un intervalo de parámetros preciso y predecible son importantes para muchas aplicaciones, como se describe a continuación. En particular, como se explicó anteriormente, las baterías secundarias no acuosas (también denominadas “baterías secundarias”), tales como las baterías secundarias de iones de litio, son componentes importantes para muchas aplicaciones técnicas actuales, ya que tienen características tales como tamaño compacto, peso ligero, alta densidad de energía y la capacidad de cargarse y descargarse repetidamente y, por lo tanto, se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, en particular desafiantes en la transmisión de energía para lograr los objetivos globales de sostenibilidad. Como también se ha explicado anteriormente, una batería secundaria generalmente incluye miembros de batería tales como un electrodo positivo, un electrodo negativo y un separador que aísla el electrodo positivo y el electrodo negativo entre sí y evita el cortocircuito entre los electrodos positivo y negativo. En particular, en las baterías secundarias se usan miembros de batería que incluyen una capa de membrana porosa destinada a mejorar la resistencia y resistencia al calor, una capa adhesiva destinada a mejorar la adhesividad entre los miembros de la batería, o similares. Específicamente, como miembros de batería se han usado electrodos que incluyen además una capa adhesiva formada sobre un sustrato de electrodo en el que se proporciona una capa de material mixto de electrodo sobre un colector de corriente y separadores que incluyen una capa adhesiva formada sobre un sustrato separador. Una capa adhesiva tal como la mencionada anteriormente se forma típicamente suministrando, sobre un sustrato adecuado, tal como un sustrato de electrodo o un sustrato separador, una composición para una capa adhesiva de batería secundaria no acuosa que está en forma de una suspensión que contiene un componente aglutinante y un medio de dispersión tal como agua, y a continuación secando la composición para obtener una capa adhesiva. En resumen, el material o pasta de recubrimiento y sus características desempeñan un papel importante en la producción de baterías secundarias no acuosas.

Típicamente, el material de recubrimiento se puede preparar, p. ej., dispersando un relleno, tal como un óxido metálico, y una resina aglutinante en un solvente, y el material de recubrimiento así preparado se aplica a un separador o un electrodo. Dichos materiales de recubrimiento frecuentemente adolecen de problemas tales como el de mostrar una viscosidad diferente a la del intervalo óptimo necesario para lograr un recubrimiento óptimo. Otro problema que se presenta es la producción inadecuada del proceso de recubrimiento, que puede provocar la sedimentación de un relleno, por ejemplo, que ya está en el tanque de almacenamiento durante un proceso de producción, o incluso en los casos donde el material de recubrimiento permanece en una tubería durante mucho tiempo, puede producirse la sedimentación del relleno. Esta sedimentación ha supuesto un problema grave en la producción y aplicación del recubrimiento de baterías; sin embargo, el problema de la sedimentación se puede mejorar significativamente disponiendo de un proceso de producción controlable con precisión dentro de una velocidad de cizalla y una viscosidad controlables, y de la posibilidad de clasificar la salida de un proceso de producción de material de recubrimiento según sus características, tales como la viscosidad, para lograr el material de recubrimiento solo dentro del intervalo de parámetros deseado, como puede lograrse con el equipo de control 302 de la invención.

Para ilustrar la importancia técnica del proceso de producción controlado continuamente de la invención y del triaje automatizado basado en la calidad, a continuación se proporciona un ejemplo donde es importante controlar la velocidad de cizalla en relación con la viscosidad. Por ejemplo, en un caso donde un material de recubrimiento tiene (i) una viscosidad alta a una velocidad de cizalla baja que, p. ej., supone una etapa de almacenamiento y (ii) una viscosidad baja a una velocidad de cizalla alta que, p. ej., supone una etapa de envío de la solución y una etapa de recubrimiento, es posible resolver los problemas mencionados anteriormente y, por lo tanto, es posible lograr el objetivo teniendo una producción controlada con una pasta de salida o material de recubrimiento dentro de un intervalo de valores de parámetros preciso. En particular, dicho material de recubrimiento dentro de un intervalo definido puede tener, p. ej., las siguientes propiedades y aplicaciones: (A) un material de recubrimiento para batería secundaria con electrolito no acuoso para formar una capa porosa mediante la aplicación del material de recubrimiento para batería secundaria con electrolito no acuoso a un electrodo o un material base poroso de una batería secundaria con electrolito no acuoso. El material de recubrimiento para batería secundaria con electrolito no acuoso puede incluir, p. ej., una resina aglutinante, un relleno; y un solvente. El material de recubrimiento para batería secundaria con electrolito no acuoso puede tener, p. ej., (i) un primer índice tixotrópico no inferior a 4 y no superior a 400, obteniéndose el primer índice tixotrópico al dividir la viscosidad del material de recubrimiento para batería secundaria con electrolito no acuoso a una velocidad de cizalla de $0,1 \text{ s}^{-1}$ por una viscosidad del material de recubrimiento para batería secundaria con electrolito no acuoso a una velocidad de cizalla de 100 s^{-1} y (ii) un segundo índice tixotrópico no inferior a 5 y no superior a 40.000, obteniéndose el segundo índice tixotrópico al dividir la viscosidad del material de recubrimiento para batería secundaria con electrolito no acuoso a la velocidad de cizalla de $0,1 \text{ s}^{-1}$ por una viscosidad del material de recubrimiento para batería secundaria con electrolito no acuoso a una velocidad de cizalla de 10.000 s^{-1} ; (B) el material de recubrimiento para batería secundaria con electrolito no acuoso tal como se ha expuesto anteriormente en (A), en donde el relleno tiene una velocidad terminal V_s no superior a 13 mm/s , la velocidad terminal V_s se puede obtener, p. ej., a partir de la siguiente relación:

$$V_s = \frac{D_{90}(\rho_{\text{filler}} - \rho_{\text{solvente}}) \times g}{18 \times \eta(0,1 \text{ s}^{-1})}$$

donde D_{90} representa un diámetro de partícula en el que, en un caso donde los volúmenes de partículas que constituyen el relleno se suman en orden ascendente de diámetros de partícula, la suma de los volúmenes alcanza el 90 % del volumen total de las partículas; el ρ_{filtro} representa una densidad del relleno; el ρ_{solvente} representa una densidad del solvente; g representa la aceleración gravitacional; y $\eta(0,1 \text{ s}^{-1})$ representa la viscosidad del material de recubrimiento para batería secundaria con electrolito no acuoso a una velocidad de cizalla de $0,1 \text{ s}^{-1}$, donde la viscosidad se mide, p. ej., utilizando el sistema de medición mediante derivación de la presente invención o un reómetro.

Con el ingenioso sistema 100 de medición y/o dirección/control, es posible producir y/o realizar técnicamente un material de recubrimiento que tenga características dentro de un intervalo de parámetros definido con precisión que sea excelente en cuanto a propiedades de almacenamiento, propiedades de envío de la solución y propiedades de recubrimiento, por ejemplo, controlando la tixotropía y/o la fluidificación por cizalla del material de recubrimiento, como parámetros de medición o series cronológicas de valores de medición que miden el comportamiento dinámico. En esta aplicación, la estabilidad de un material de recubrimiento en un estado donde el material de recubrimiento está almacenado se denomina propiedades de almacenamiento. Las propiedades de envío de la solución miden la facilidad de enviar el material de recubrimiento a través de una tubería y similares, y las propiedades de recubrimiento cuantifican la facilidad de manipulación del material de recubrimiento en un caso donde el material de recubrimiento se aplica a un electrodo o a un material base poroso (facilidad de manipulación).

Por ejemplo, el sistema de la invención es capaz de capturar la tixotropía, tomada aquí como ejemplo, lo que permite medir y controlar productos en los que la viscosidad disminuye a medida que aumenta la velocidad de cizalla, o la fluidificación por cizalla cuando, debido al comportamiento no newtoniano del producto, la viscosidad disminuye bajo la deformación por cizalla. Típicamente, la viscosidad, es decir, la deformación gradual por esfuerzos de cizalla o

tracción, de los fluidos no newtonianos depende de la velocidad de cizalla o del historial de velocidades de cizalla. Sin embargo, algunos fluidos no newtonianos con viscosidad independiente de la cizalla aún muestran diferencias de tensión normales u otro comportamiento no newtoniano. En un fluido newtoniano, la relación entre el esfuerzo de cizalla y la velocidad de cizalla es lineal, pasando por el origen, siendo la constante de proporcionalidad el coeficiente de viscosidad. En un fluido no newtoniano, la relación entre el esfuerzo de cizalla y la velocidad de cizalla es diferente. El fluido puede incluso presentar una viscosidad dependiente del tiempo. Por lo tanto, no se puede definir un coeficiente de viscosidad constante. Por lo tanto, aunque las mediciones de viscosidad se pueden usar para caracterizar las propiedades de cizalla de un fluido, cabe señalar que pueden ser inadecuadas para medir algunos fluidos no newtonianos. Para estos casos, los parámetros de medición utilizados por el sistema de control y señalización pueden lograrse o reemplazarse midiendo una o más propiedades reológicas adicionales que relacionan los tensores de tensión y velocidad de deformación en muchas condiciones de flujo diferentes, tales como la cizalla oscilatoria o el flujo extensional. Estas otras propiedades reológicas pueden medirse, p. ej., usando diferentes dispositivos o reómetros conocidos en el estado de la técnica.

Volviendo al ejemplo de la tixotropía, el índice tixotrópico se puede medir como la relación de la viscosidad de un material a dos velocidades de cizalla diferentes (viscosidad de cizalla baja/viscosidad de cizalla alta), donde la velocidad de cizalla baja y la velocidad de cizalla alta se pueden elegir, p. ej., para que sean diferentes en un factor de 10, o similar. Por lo tanto, en reología, la tixotropía permite medir las dependencias temporales de las propiedades de flujo de los fluidos no newtonianos en los que la viscosidad disminuye como resultado de influencias externas continuas y solo vuelve a la viscosidad inicial una vez finalizada la tensión. En otras palabras, esto significa que el fluido tixotrópico se vuelve más delgado con la duración de su deformación. La tixotropía se presenta en un sistema que tiene una estructura en la que el sistema se descompone dependiendo de la velocidad de cizalla en un caso donde el sistema se deforma al cortarse. Dichas estructuras pueden observarse, p. ej., en casos donde los medios interactúan moderadamente entre sí en un determinado tipo de solución polimérica o en sistemas en los que se dispersa un cierto tipo de relleno. La tixotropía también es un fenómeno en el que el esfuerzo de cizalla se reduce en función del tiempo. Por lo tanto, se sabe que un sistema que tiene tixotropía generalmente presenta un comportamiento de histéresis, es decir, varía en viscosidad entre (i) un caso donde la velocidad de cizalla aumenta desde un estado donde se permite que el sistema permanezca inmóvil durante mucho tiempo y (ii) un caso donde la velocidad de cizalla se reduce desde un estado donde el sistema está cizallado. La viscosidad alcanzada en un caso donde se aumenta la velocidad de cizalla es mayor que la alcanzada en un caso donde se reduce la velocidad de cizalla. Por lo tanto, en el proceso de producción del material de recubrimiento y/o el material de salida del proceso de producción, puede ser esencial controlar y/o mantener y/o tener las características de producto dentro de un intervalo o sección precisos. Como se mencionó anteriormente, como medida indicativa de tixotropía, se puede usar la medida del índice tixotrópico. Un valor de índice tixotrópico es un valor obtenido al dividir una viscosidad a una velocidad de cizalla baja por una viscosidad a una velocidad de cizalla alta. En un caso donde un material tenga un valor de índice tixotrópico superior a 1, se puede decir que dicho material o producto tiene tixotropía.

Un material de recubrimiento que tiene una alta tixotropía tiene una alta viscosidad a una velocidad de cizalla baja (es decir, una viscosidad del material de recubrimiento, donde la viscosidad supone una etapa de almacenamiento, es alta). Esto puede provocar que se suprima la sedimentación de un relleno y puede provocar una mejora en las propiedades de almacenamiento. Por otro lado, el material de recubrimiento tiene una viscosidad baja a una velocidad de cizalla alta (es decir, una viscosidad del material de recubrimiento, donde la viscosidad supone una etapa de envío de la solución y una etapa de recubrimiento, es baja). Esto hace que el material de recubrimiento se envíe fácilmente. Además, esto hace que el material de recubrimiento tenga una buena propiedad de nivelación en la etapa de recubrimiento y, en última instancia, hace que el material de recubrimiento tenga una facilidad de manipulación tan buena que, p. ej., un electrodo o un material base poroso puede recubrirse con el material de recubrimiento que tiene un espesor uniforme. Por tanto, un material de recubrimiento que tenga una tixotropía moderadamente alta puede tener una buena propiedad de almacenamiento, una buena propiedad de envío de la solución y una buena propiedad de recubrimiento. Para que un material de recubrimiento tenga tanto una buena propiedad de almacenamiento como una buena propiedad de envío de la solución, un índice tixotrópico del material de recubrimiento, donde el índice tixotrópico se obtiene al dividir la viscosidad del material de recubrimiento a una velocidad de cizalla de $0,1 \text{ s}^{-1}$ por una viscosidad del material de recubrimiento a una velocidad de cizalla de 100 s^{-1} , puede elegirse, p. ej., para que sea no inferior a 4 y no superior a 400, o preferiblemente no inferior a 5 y no superior a 300. El material de recubrimiento que tiene un índice tixotrópico que se encuentra dentro del intervalo anterior tiene una viscosidad suficiente en la etapa de almacenamiento y tiene una viscosidad tan baja en la etapa de envío de la solución que el material de recubrimiento puede enviarse fácilmente. Para que el material de recubrimiento tenga tanto una buena propiedad de almacenamiento como una buena propiedad de recubrimiento, un índice tixotrópico del material de recubrimiento, donde el índice tixotrópico se obtiene al dividir la viscosidad del material de recubrimiento a una velocidad de cizalla de $0,1 \text{ s}^{-1}$ por una viscosidad del material de recubrimiento a una velocidad de cizalla de 10.000 s^{-1} , puede elegirse, p. ej., para que no sea inferior a 5 y no superior a 40.000, más preferiblemente no inferior a 10 y no superior a 30.000. El material de recubrimiento que tiene un índice tixotrópico que se encuentra dentro del intervalo anterior tiene una viscosidad suficiente en la etapa de almacenamiento y tiene una viscosidad tan baja en la etapa de recubrimiento que el material de recubrimiento es fácil de manipular. Con respecto a las propiedades de almacenamiento, la viscosidad a la velocidad de cizalla de $0,1 \text{ s}^{-1}$ puede elegirse, p. ej., para que no sea inferior a $0,5 \text{ Pa}\cdot\text{s}$, o preferiblemente no inferior a $5 \text{ Pa}\cdot\text{s}$, o no inferior a $10 \text{ Pa}\cdot\text{s}$. Con respecto a la facilidad de envío del material de recubrimiento, la viscosidad a una velocidad de cizalla de 100 s^{-1} puede elegirse, p. ej., para que no sea superior a $2 \text{ Pa}\cdot\text{s}$, preferiblemente no

- 5 superior a 1,5 Pa·s. Con respecto a la dificultad de provocar la sedimentación de un relleno, la viscosidad a la velocidad de cizalla de 100 s⁻¹ puede elegirse, p. ej., para que no sea inferior a 0,05 Pa·s, más preferiblemente no inferior a 0,1 Pa·s. Con respecto a la facilidad de manipulación del material de recubrimiento en la etapa de recubrimiento, la viscosidad a la velocidad de cizalla de 10.000 s⁻¹ puede elegirse, p. ej., para que no sea superior a 0,15 Pa·s, o no superior a 0,1 Pa·s. En este caso, un límite inferior de la viscosidad a la velocidad de cizalla de 10.000 s⁻¹ puede, p. ej., ser ilimitado, pero puede ser, por ejemplo, no inferior a 0,01 Pa·s.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control y medición en línea conectado a un proceso continuo de mezcla de un sistema (100) que comprende una extrusora (102) para mezclar materiales sólidos o viscosos con líquidos y/o solventes para formar la pasta o los materiales viscosos, en donde la pasta o el material viscoso se descarga a través de una línea (104) de suministro y al menos una salida de una pluralidad de salidas (106), **caracterizado**

por que el sistema (100) comprende una línea (202) de derivación que se extiende desde la línea (104) de suministro para recibir un volumen de la pasta desde la línea (104) de suministro, en donde la línea (202) de derivación comprende una pluralidad de tuberías (212) y una pluralidad de sensores (214),
por que el sistema (100) comprende un equipo de control (302) en comunicación con la extrusora (102) y/o la pluralidad de sensores (214) en la línea (202) de derivación, en donde el equipo de control (302) (i) recibe señales de al menos uno de la pluralidad de sensores (214) en la línea (202) de derivación, (ii) determina las propiedades de producto de la pasta basado en al menos las mediciones de sensor de los sensores (214) en la línea (202) de derivación, (iii) descarga la pasta a través de la al menos una salida de la pluralidad de salidas (106) basado en las propiedades de producto determinadas, y (iv) controla la extrusora (102) y/o la válvula (112) de presión, cuando las propiedades de producto determinadas de la pasta son diferentes de las propiedades de producto objetivo, y
por que la pluralidad de salidas (106) comprende una primera salida (106A) en comunicación con una línea (120) de producción, en donde la pasta de primera calidad se descarga a través de la primera salida (106A) y se alimenta a una siguiente etapa de producción, una segunda salida (106B) en comunicación con la extrusora (102), en donde la pasta de segunda calidad se descarga a través de la segunda salida (106B) y se alimenta de regreso al proceso continuo de mezcla a través de la extrusora (102), y una tercera salida (106C) en comunicación con un tanque (122) de residuos, en donde la pasta de tercera calidad se descarga a través de la tercera salida (106C) y se recoge en el tanque (122) de residuos.
2. Un sistema (100) para producir pasta o material viscoso para aplicaciones industriales, comprendiendo el sistema (100) el sistema de control y medición en línea según la reivindicación 1 y que se conecta a un proceso continuo de mezcla del sistema (100) y a una extrusora (102) para mezclar materiales sólidos o viscosos con líquidos y/o solventes para formar la pasta.
3. El sistema (100) según la reivindicación 2, **caracterizado por que** el sistema (100) comprende una bomba (210) acoplada a la línea (104) de suministro en el extremo corriente abajo de un medidor (110) de flujo, en donde la bomba (210) recibe y descarga el volumen de la pasta a través de la línea (202) de derivación.
4. El sistema (100) según una de las reivindicaciones 2 a 3, **caracterizado por que** la pluralidad de sensores (214) de presión comprende un primer sensor (214A) de presión dispuesto en el extremo corriente abajo de la bomba (210), un segundo sensor (214B) de presión dispuesto a una primera distancia (D1) del primer sensor (214A) de presión, un tercer sensor (214C) de presión dispuesto a una segunda distancia (D2) del segundo sensor (214B) de presión, y un cuarto sensor (214D) de presión dispuesto a una tercera distancia (D3) del tercer sensor (214C) de presión.
5. El sistema (100) según una de las reivindicaciones 2 a 4, **caracterizado por que** el sistema (100) comprende un sensor (220) de flujo dispuesto en la primera tubería (212A) entre el primer sensor (214A) de presión y el segundo sensor (214B) de presión para generar señales indicativas de la velocidad de flujo de masa y/o la velocidad de flujo de volumen y/o la densidad de la pasta que fluye a través de la línea (202) de derivación.
6. El sistema (100) según la reivindicación 5, **caracterizado por que** la primera tubería (212A) es la tubería dentro del sensor de flujo.
7. El sistema (100) según una de las reivindicaciones 2 a 6, **caracterizado por que** el equipo de control (302) recibe la velocidad de flujo de la pasta que fluye a través de la línea (202) de derivación y regula la bomba (210), cuando la velocidad de flujo real de la pasta es diferente de la velocidad de flujo objetivo.
8. El sistema (100) según una de las reivindicaciones 2 a 7, **caracterizado por que** el sistema (100) comprende un dispositivo (222) de medición dispuesto en la línea (202) de derivación para medir el pH y la conductividad eléctrica de la pasta.
9. El sistema (100) según una de las reivindicaciones 2 a 8, **caracterizado por que** el sistema (100) comprende un sensor (226) de estado sólido dispuesto en la línea (202) de derivación para medir el contenido de sólidos en la pasta.

10. El sistema (100) según una de las reivindicaciones 2 a 9, **caracterizado por que** el sistema (100) comprende un dispositivo (206) para detectar la presión dispuesto en una unión (JO) en la que la línea (202) de derivación se extiende desde la línea (104) de suministro para generar señales indicativas de la presión de la pasta que fluye a través de la línea (104) de suministro.
11. El sistema (100) según una de las reivindicaciones 2 a 10, **caracterizado por que** el sistema (100) comprende un dispositivo (114) para detectar gases dispuesto en la línea (104) de suministro para generar señales indicativas del contenido de gases en la pasta.
12. El sistema (100) según las reivindicaciones 11, **caracterizado por que** las señales indicativas del contenido de gases en la pasta son señales indicativas del contenido de oxígeno en la pasta.
13. El sistema (100) según una de las reivindicaciones 2 a 12, **caracterizado por que** el equipo de control (302) identifica la pasta como una pasta de primera calidad cuando la viscosidad determinada de la pasta es igual al intervalo de viscosidad objetivo, una pasta de segunda calidad cuando la viscosidad determinada de la pasta es diferente del intervalo de viscosidad objetivo e igual a un intervalo de viscosidad predefinido, o una pasta de tercera calidad cuando la viscosidad determinada de la pasta es diferente del intervalo de viscosidad objetivo correspondiente a la pasta de primera calidad y el intervalo de viscosidad predefinido correspondiente a la pasta de segunda calidad.
14. El sistema (100) según una de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado por que** el sistema (100) comprende además una válvula (112) de presión dispuesta en la línea (104) de suministro para controlar una presión a la que la pasta se descarga a través de la línea (104) de suministro.
15. El sistema (100) según una de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado por que** el sistema (100) comprende un medidor (110) de flujo dispuesto en la línea (104) de suministro para medir la velocidad de flujo de la pasta a través de la línea (104) de suministro.
16. Un método (600) para producir una pasta para una aplicación industrial utilizando un sistema (100), en donde el sistema (100) comprende una extrusora (102) para mezclar materiales sólidos con líquidos y/o solventes para formar la pasta o los materiales viscosos, en donde la pasta o el material viscoso se descarga a través de una línea (104) de suministro y al menos una salida de una pluralidad de salidas (106), **caracterizado por** las etapas de:
 - recibir un volumen de la pasta desde la línea (104) de suministro usando una línea (202) de derivación que se extiende desde la línea (104) de suministro, en donde la línea (202) de derivación comprende una pluralidad de tuberías (212) y una pluralidad de sensores (214),
 - comunicar señales entre un equipo de control (302) y la extrusora (102) y/o la pluralidad de sensores (214) en la línea (202) de derivación, en donde el equipo de control (302) (i) recibe señales de al menos uno de la pluralidad de sensores (214) en la línea (202) de derivación, (ii) determina las propiedades de producto de la pasta basado en al menos las mediciones de sensor de los sensores (214) en la línea (202) de derivación, (iii) descarga la pasta a través de la al menos una salida de la pluralidad de salidas (106) basado en las propiedades de producto determinadas, y (iv) controla la extrusora (102) y/o la válvula (112) de presión, cuando las propiedades de producto determinadas de la pasta son diferentes de las propiedades de producto objetivo, y
 - descargar la pasta de primera calidad a través de una primera salida (106A) de la pluralidad de salidas (106) alimentándola a una siguiente etapa de producción, comunicar la primera salida (106A) con una línea (120) de producción, descargar la pasta de segunda calidad a través de una segunda salida (106B) de la pluralidad de salidas (106) alimentándola de regreso al proceso continuo de mezcla a través de la extrusora (102), descargar la pasta de tercera calidad a través de una tercera salida (106C), comunicándose la tercera salida (106C) con un tanque (122) de residuos, y recoger la pasta de tercera calidad en el tanque (122) de residuos.
17. El método (600) según la reivindicación 16, **caracterizado por que** el método comprende identificar la pasta utilizando el equipo de control (302) como una pasta de primera calidad cuando la viscosidad y/o densidad y/o contenido de sólidos y/o contenido de oxígeno y/o pH y/o conductividad determinados y medidos de la pasta son iguales al intervalo objetivo de viscosidad y/o densidad y/o contenido de sólidos y/o contenido de oxígeno y/o pH y/o conductividad, en donde la pasta de primera calidad se descarga a través de una primera salida (106A) de la pluralidad de salidas (106) en comunicación con una línea (120) de producción, una pasta de segunda calidad cuando la viscosidad y/o densidad y/o contenido de sólidos y/o contenido de oxígeno y/o pH y/o conductividad determinados de la pasta son diferentes del intervalo objetivo de viscosidad y/o densidad y/o contenido de sólidos y/o contenido de oxígeno y/o pH y/o conductividad e iguales a un intervalo predefinido de viscosidad y/o densidad y/o contenido de sólidos y/o contenido de oxígeno y/o pH y/o conductividad, en donde la pasta de segunda calidad se descarga a través de una segunda salida (106B) de la pluralidad de salidas (160) en comunicación con la extrusora (102), o una pasta de tercera calidad cuando la viscosidad y/o densidad y/o contenido de sólidos y/o contenido de oxígeno y/o pH y/o conductividad determinados de la

pasta son diferentes del intervalo objetivo de viscosidad y/o densidad y/o contenido de sólidos y/o contenido de oxígeno y/o pH y/o conductividad correspondiente a la pasta de primera calidad y del intervalo predefinido de viscosidad y/o densidad y/o contenido de sólidos y/o contenido de oxígeno y/o pH y/o conductividad correspondiente a la pasta de segunda calidad, en donde la pasta de tercera calidad se descarga a través de una tercera salida (106C) de la pluralidad de salidas (106) en comunicación con un tanque (120).

18. El método (600) según la reivindicación 17, **caracterizado por que** el intervalo objetivo de viscosidad y/o densidad y/o contenido de sólidos y/o contenido de oxígeno y/o pH y/o conductividad de la pasta de primera calidad es un intervalo de producción, el intervalo predefinido de viscosidad y/o densidad y/o contenido de sólidos y/o contenido de oxígeno y/o pH y/o conductividad de la pasta de segunda calidad es un intervalo de reproceso y/o intervalo de retroalimentación, y el intervalo fuera del intervalo objetivo de viscosidad y/o densidad y/o contenido de sólidos y/o contenido de oxígeno y/o pH y/o conductividad y del intervalo predefinido de viscosidad y/o densidad y/o contenido de sólidos y/o contenido de oxígeno y/o pH y/o conductividad es un intervalo residual.

19. El método (600) según una de las reivindicaciones 16 a 18, **caracterizado por que** el sistema (100) comprende además una válvula (112) de presión dispuesta en la línea (104) de suministro para controlar una presión a la que la pasta se descarga a través de la línea (104) de suministro.

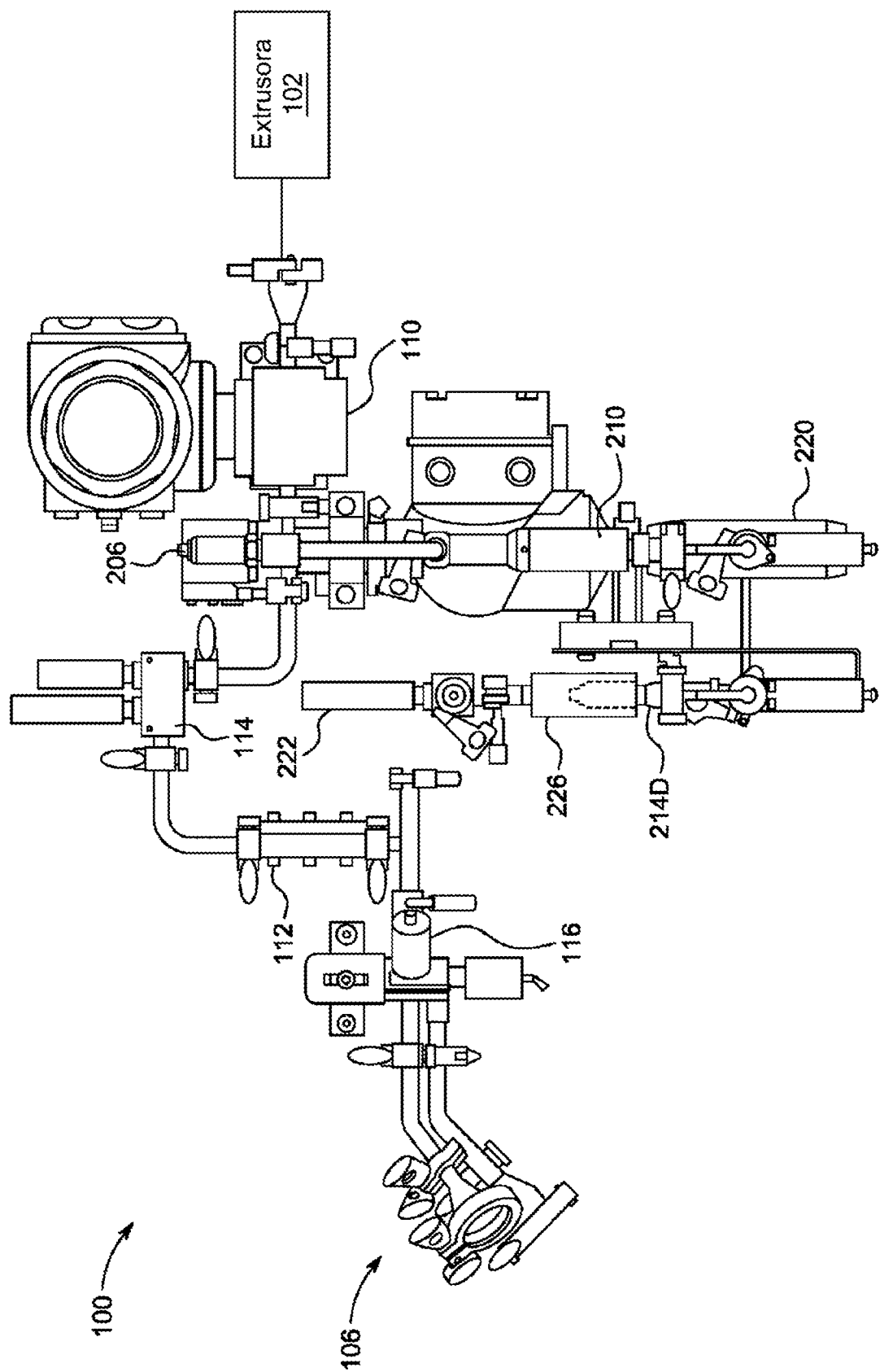


Figura 1A

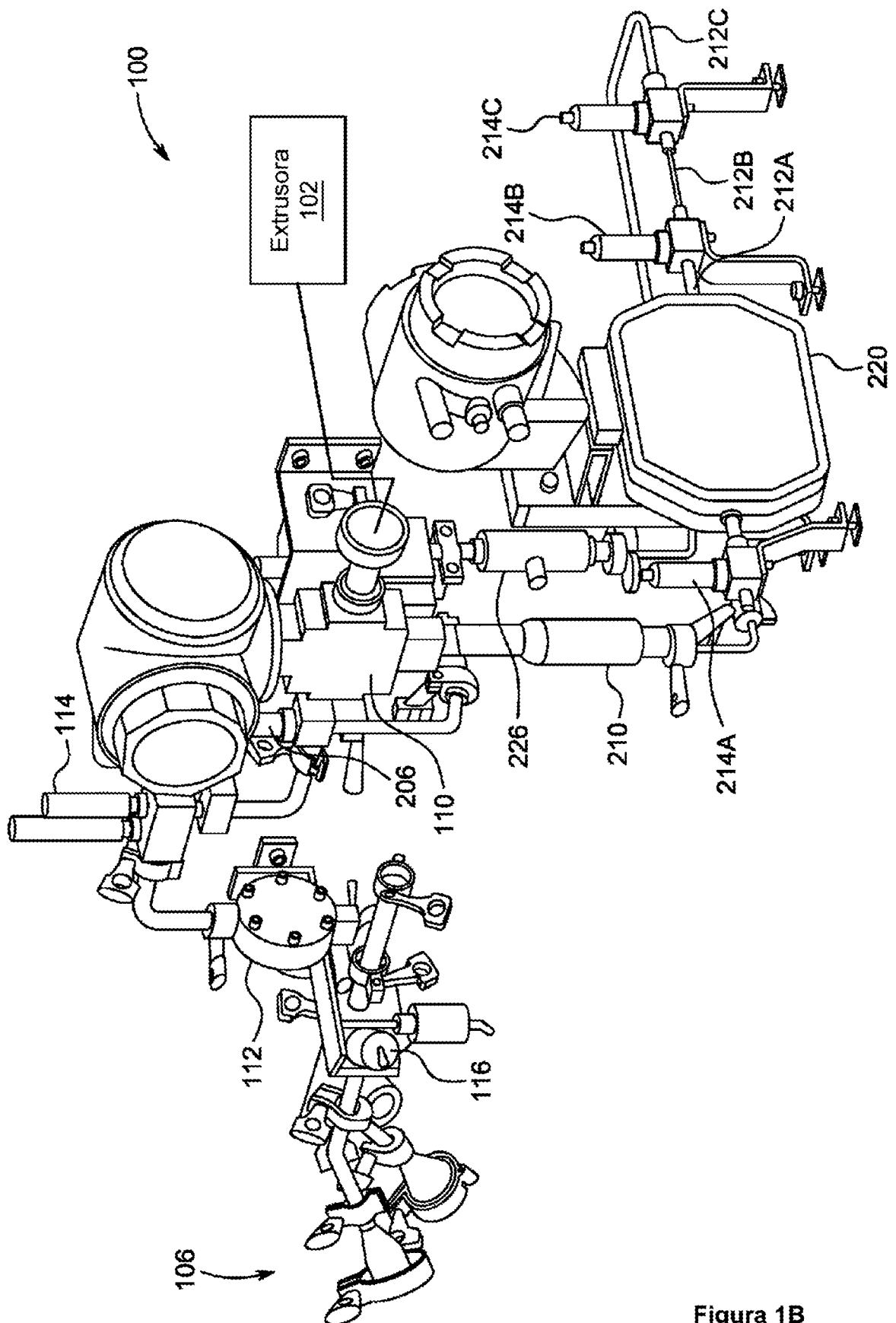


Figura 1B

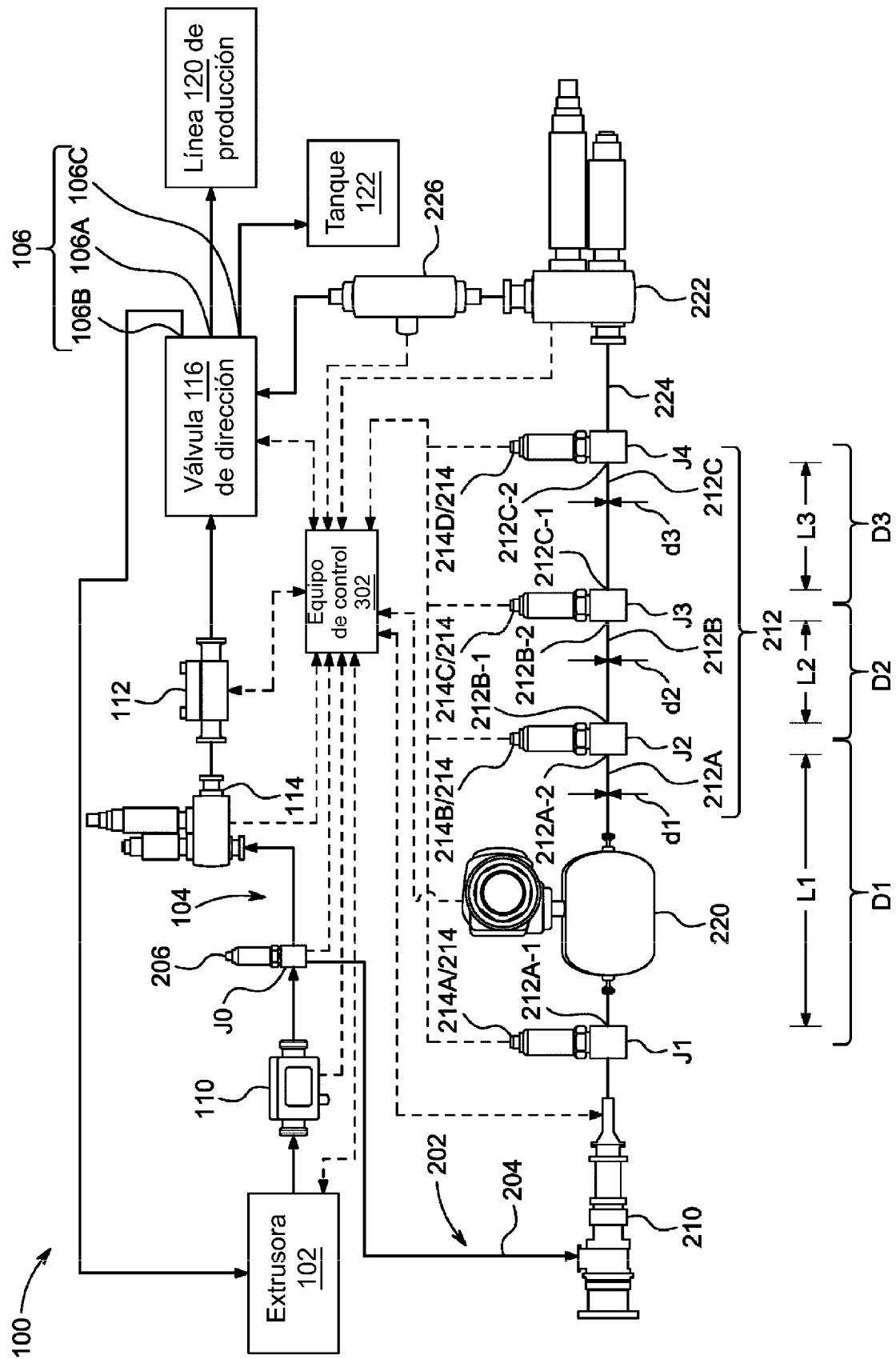


Figura 2

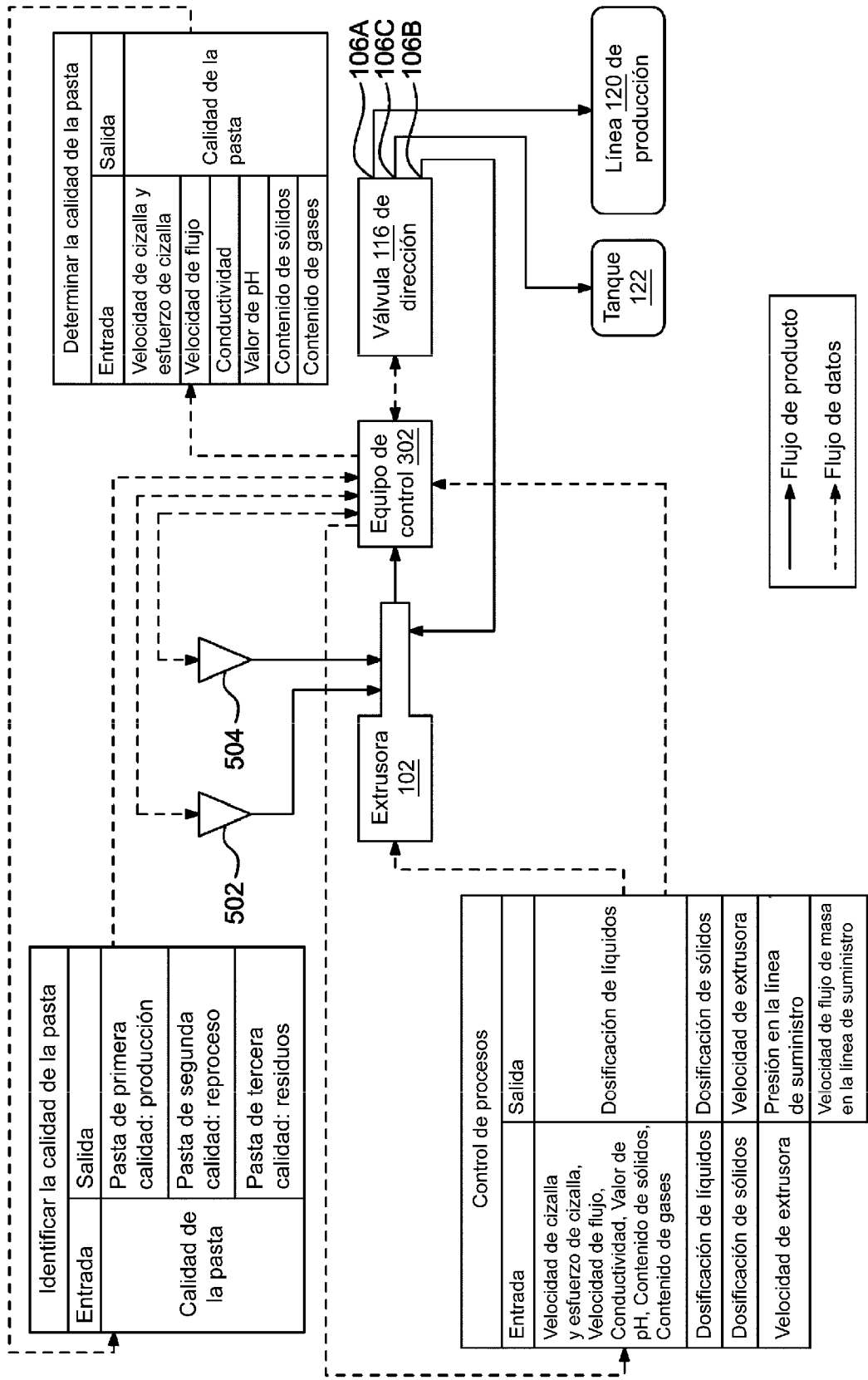


Figura 3

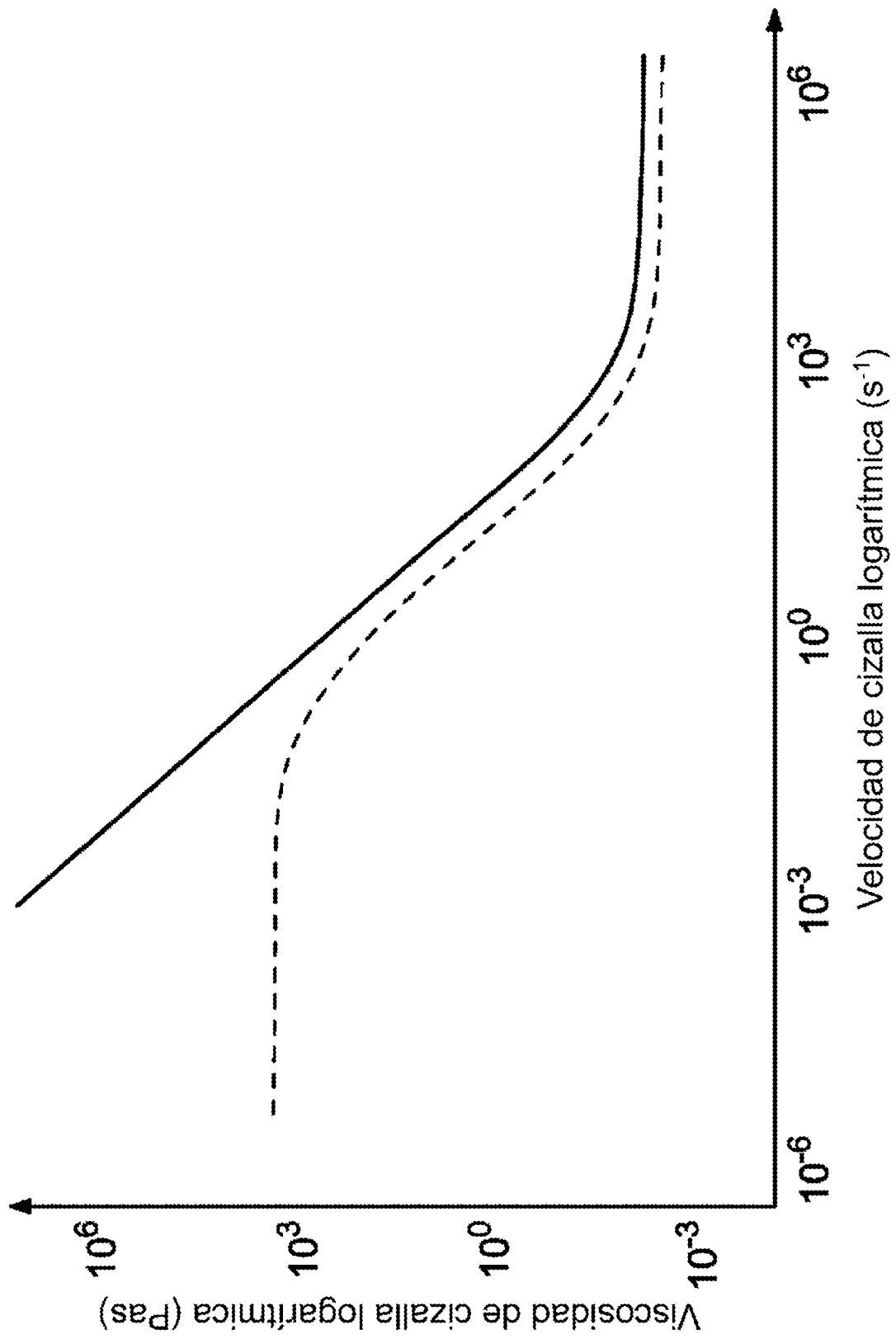


Figura 4

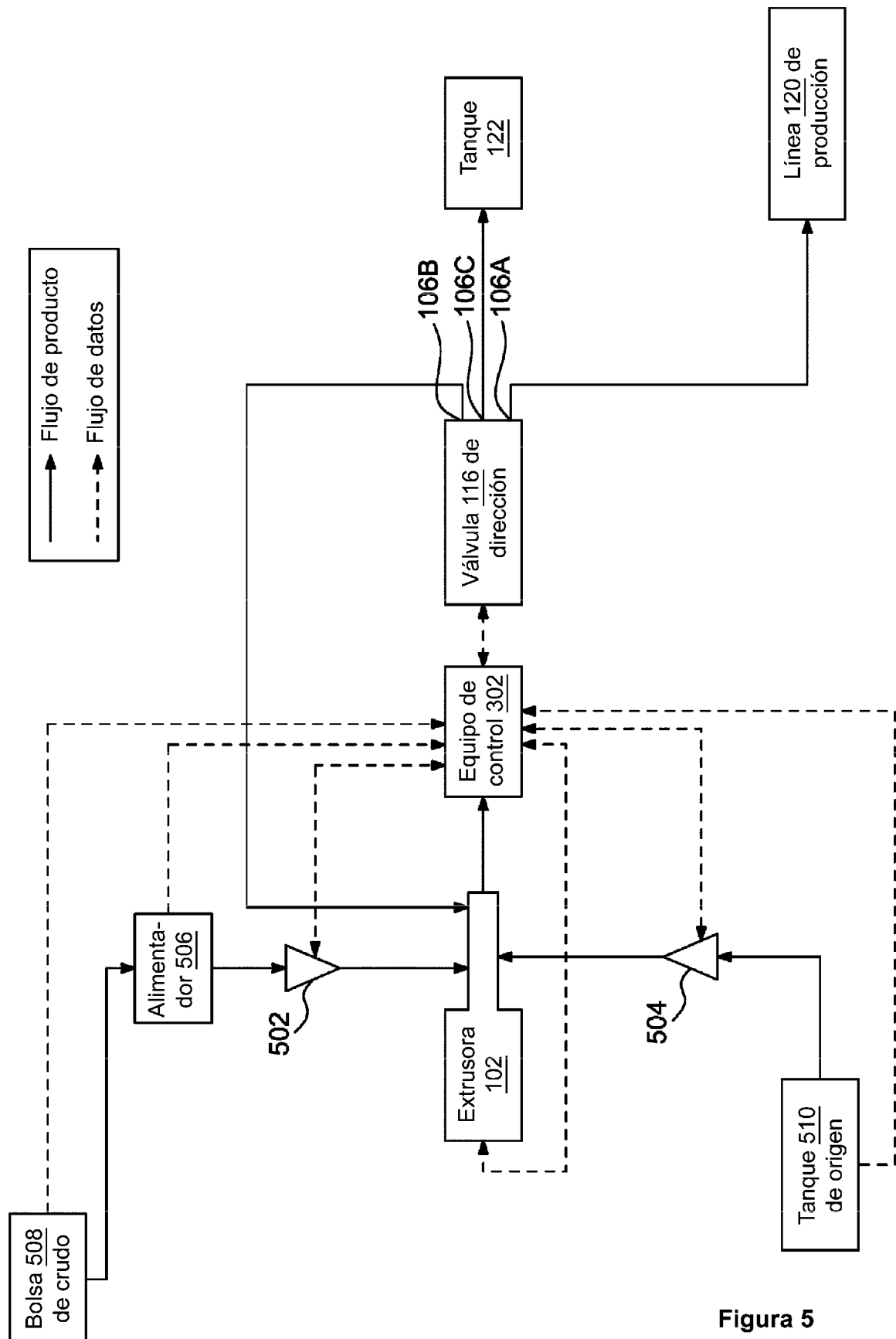


Figura 5

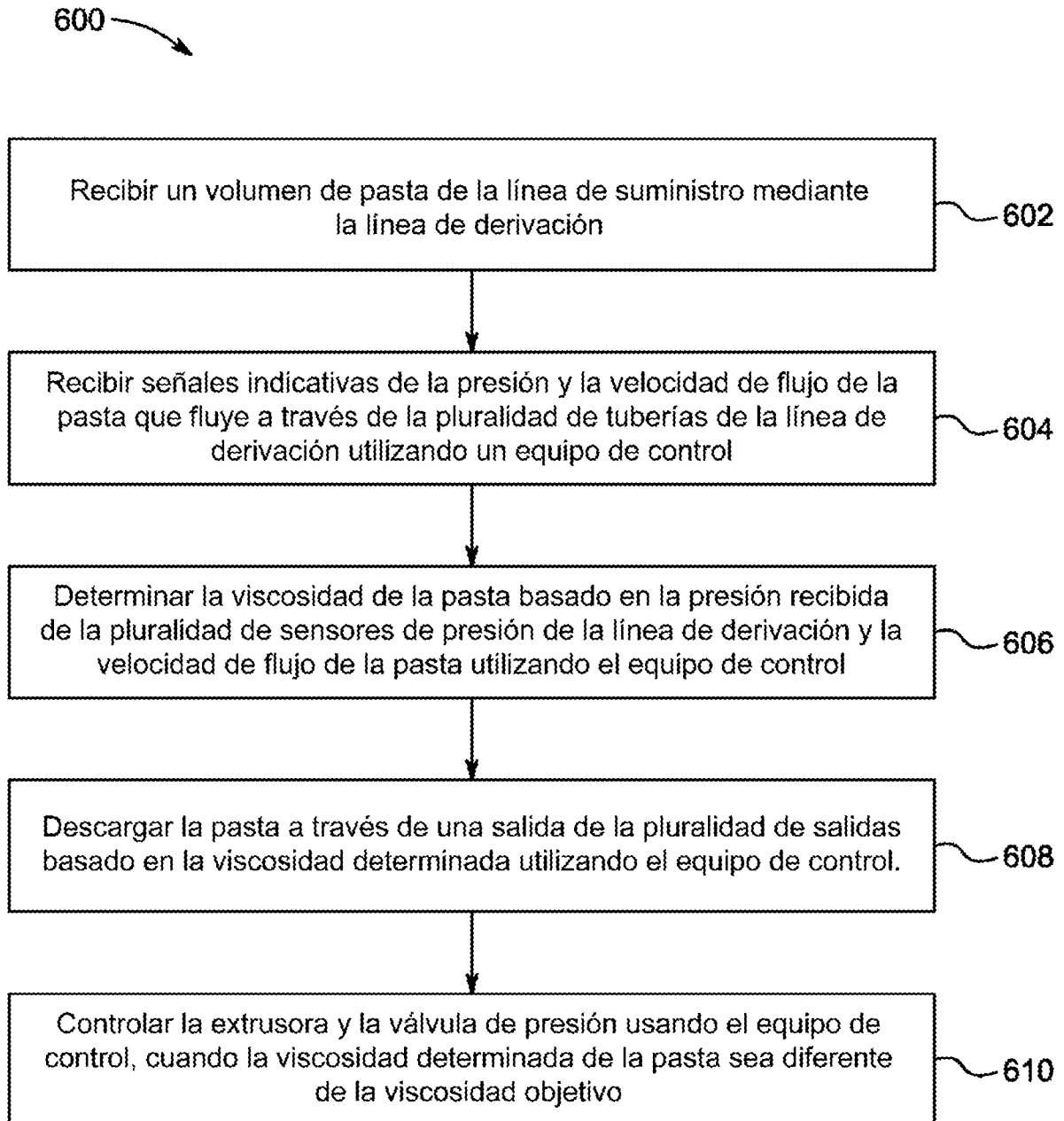


Figura 6

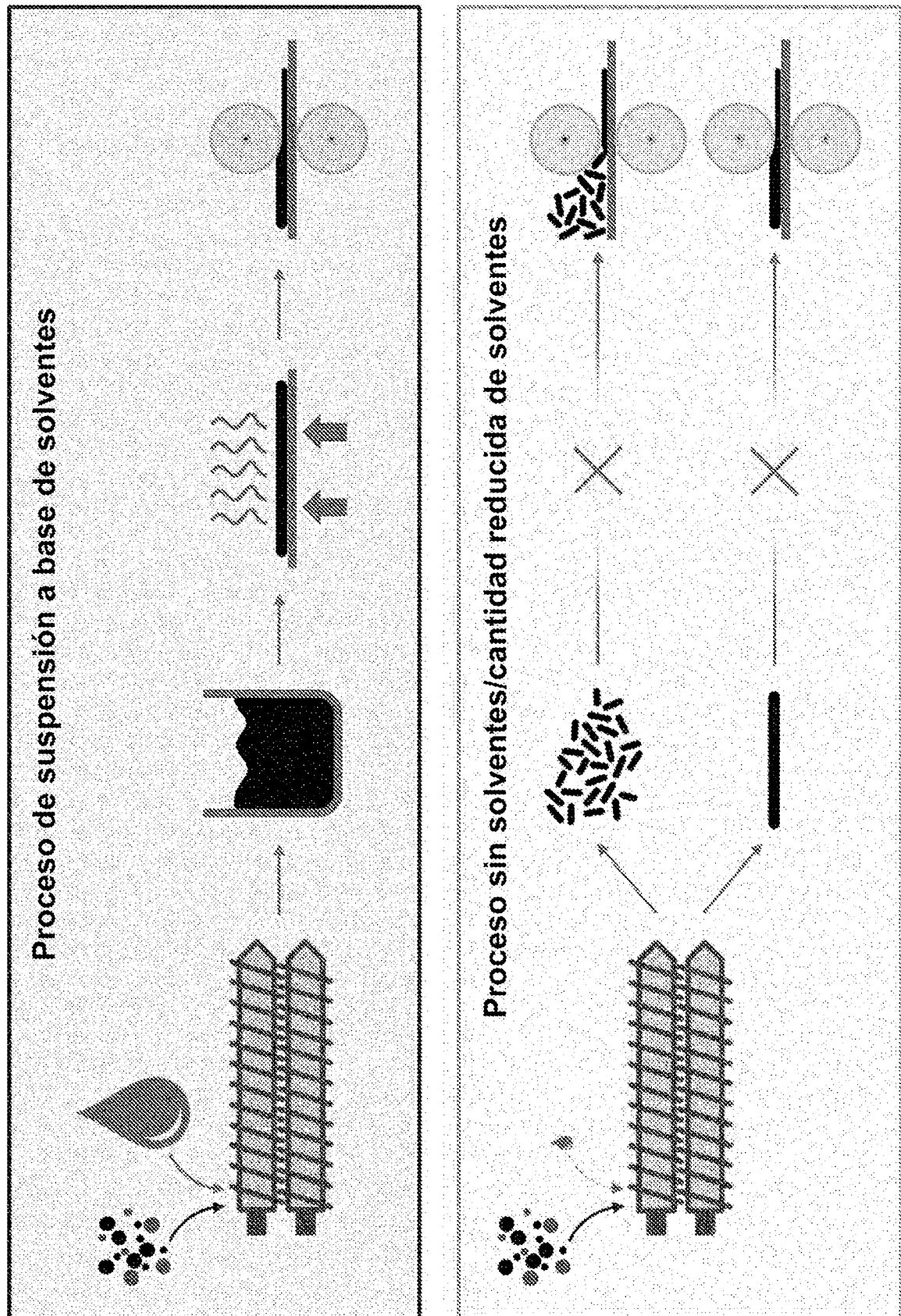


Figura 7

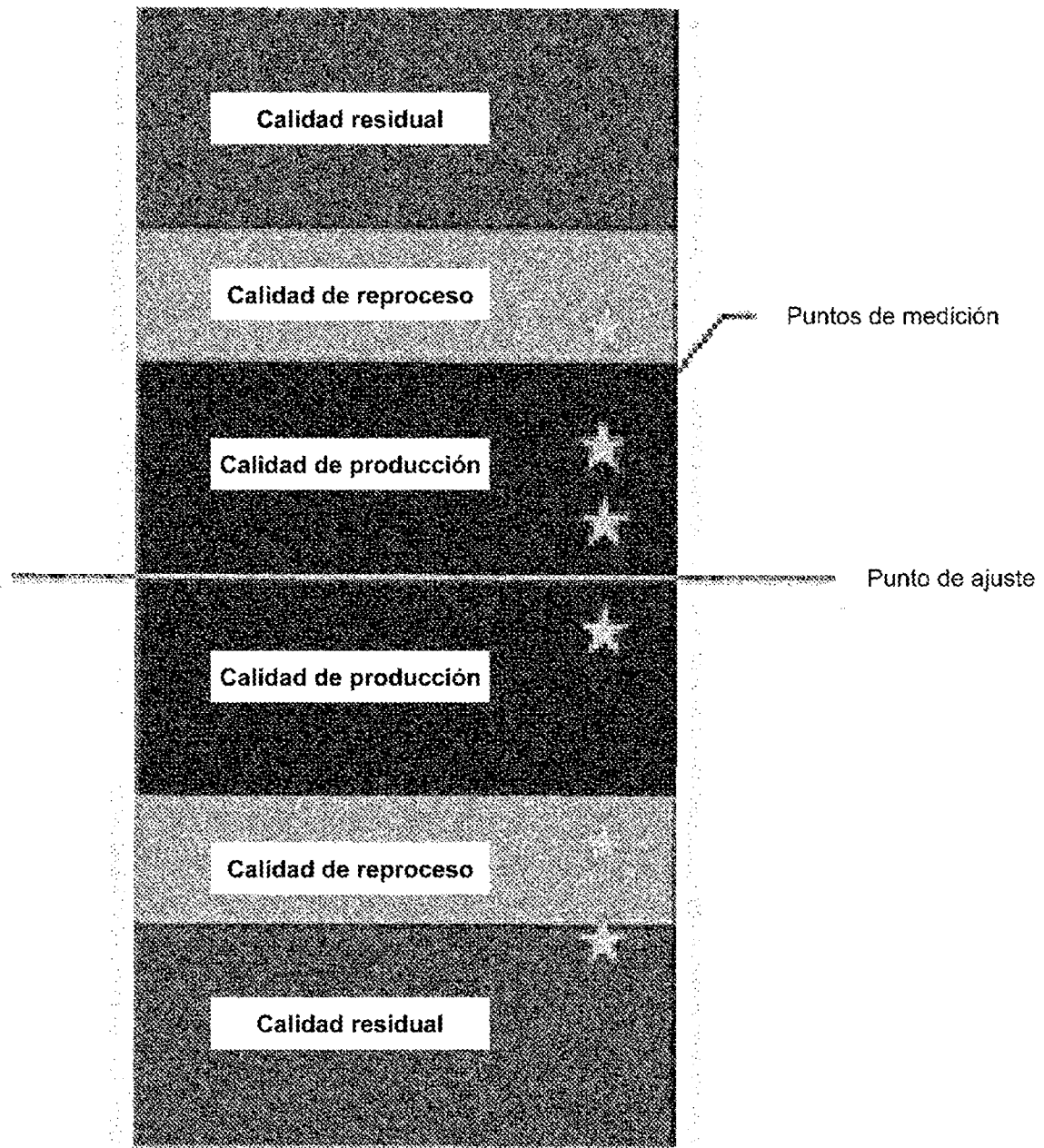


Figura 8

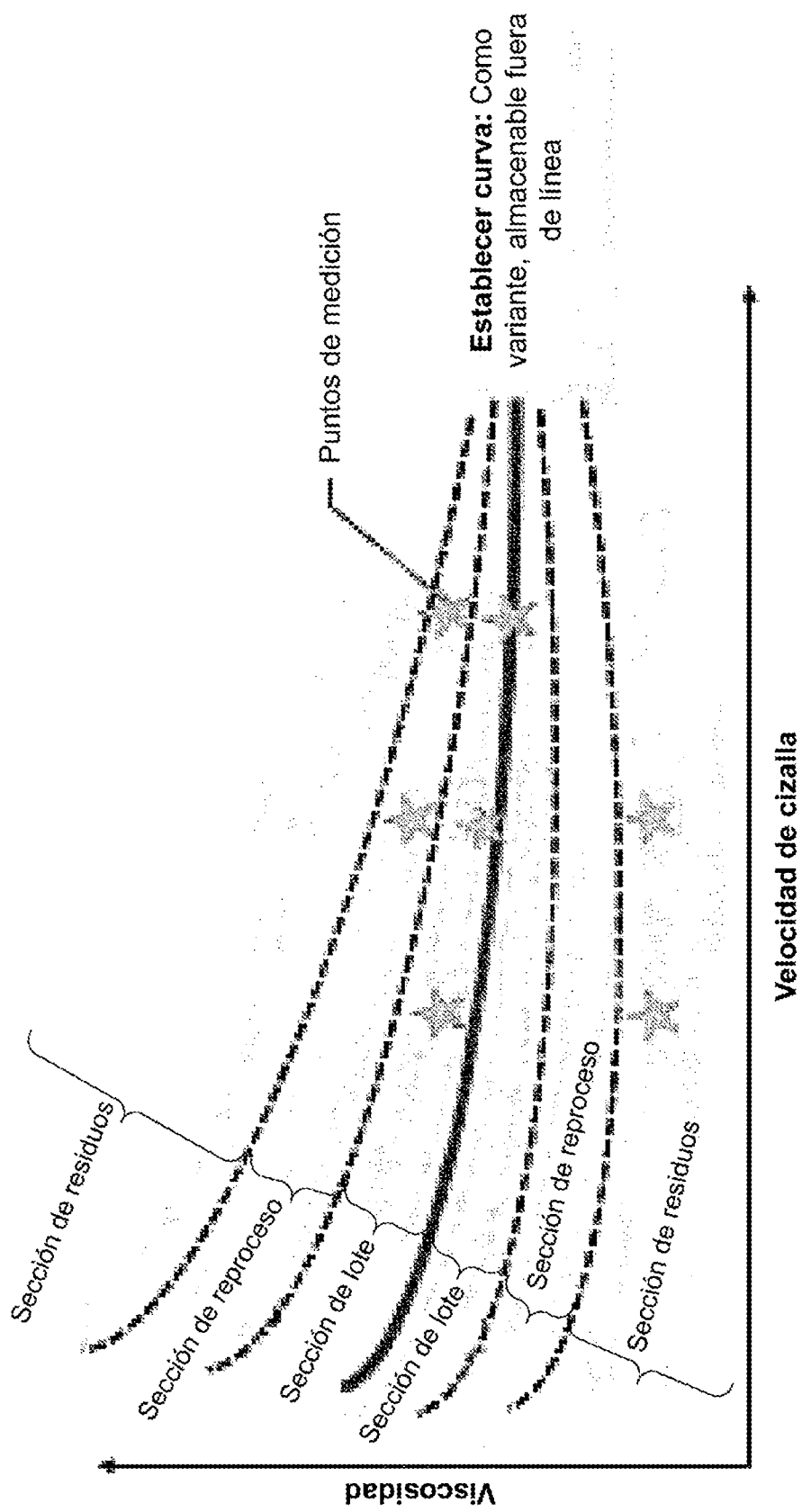


Figura 9

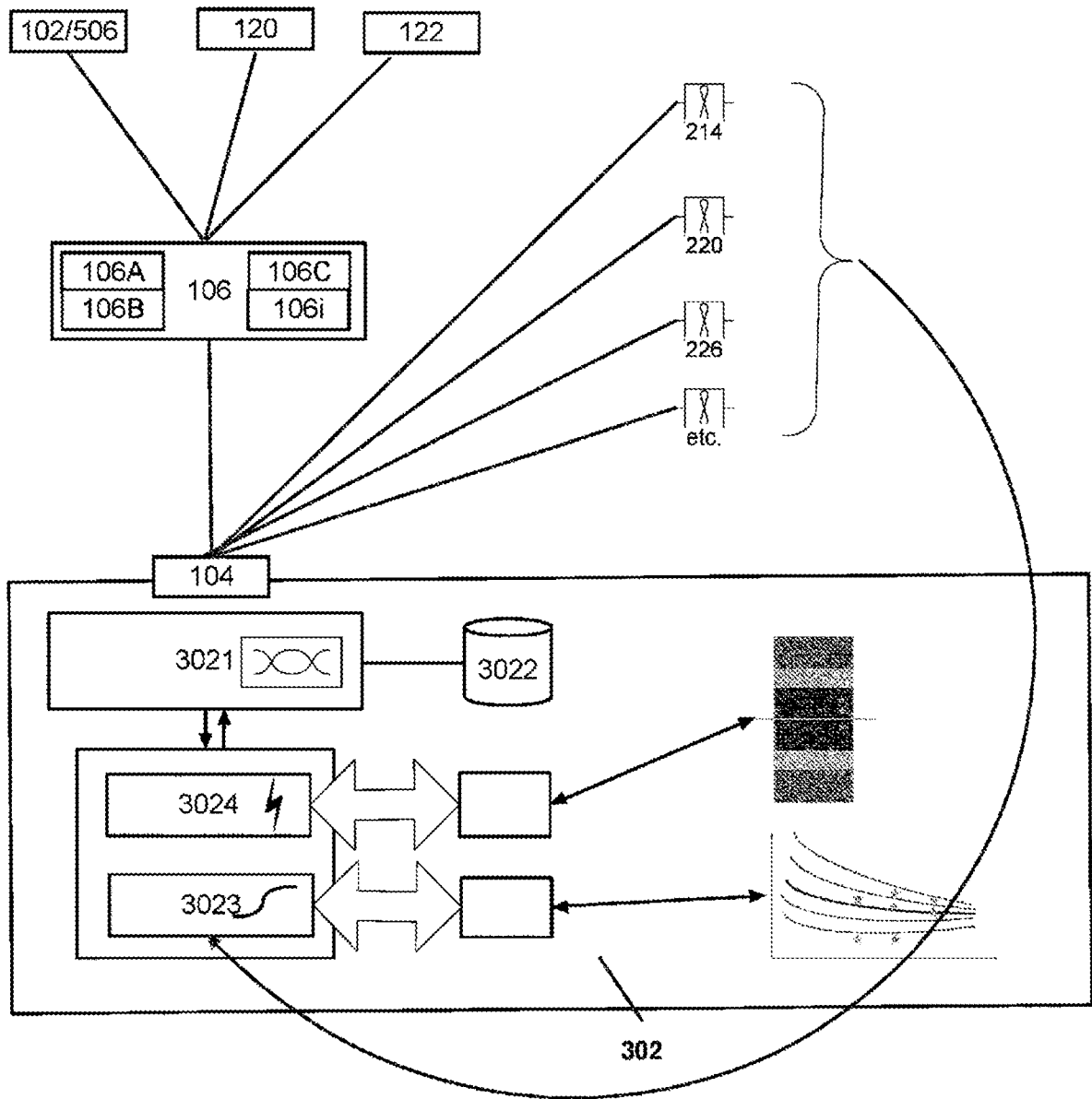


Figura 10