

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 764 577**

51 Int. Cl.:

B09B 3/00 (2006.01)
C02F 11/08 (2006.01)
C02F 11/18 (2006.01)
C05F 3/00 (2006.01)
C05F 7/00 (2006.01)
C05F 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2017** E 17183498 (9)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019** EP 3434382

54 Título: **Separación fraccionada de materiales reciclables de mezclas acuosas multicomponentes**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.06.2020

73 Titular/es:
IGAS ENERGY GMBH (100.0%)
Cockerillstraße 100
52222 Stolberg, DE

72 Inventor/es:
LENTZ, KARL-HEINZ

74 Agente/Representante:
LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 764 577 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

Separación fraccionada de materiales reciclables de mezclas acuosas multicomponentes

5 La invención se refiere a procedimientos para la separación fraccionada de materiales reciclables a partir de mezclas acuosas multicomponentes tales como desechos acuosos, lodos y lodos residuales en condiciones supercríticas. La invención también incluye fracciones de materiales reciclables que se enriquecen mediante el procedimiento según la invención, en particular compuestos que contienen fósforo y que contienen fósforo y amonio tales como fertilizantes y gas de síntesis como fuente de energía y como material reciclable para la industria química. Con el
10 procedimiento según la invención, los materiales reciclables pueden recuperarse completamente de los desechos, lodos y lodos residuales y alimentarse para un nuevo uso. En particular, los procedimientos son útiles para recuperar fósforo y amonio en forma de fertilizante disponible para las plantas, recuperar metales y metales pesados, y producir gas de síntesis y recuperar hidrógeno del gas de síntesis, por ejemplo, para la movilidad.

15 Las mezclas acuosas multicomponentes, como las que se obtienen como lodos residuales, por ejemplo, contienen una gran cantidad de materiales reciclables, entre otros, metales, arena, metales pesados y fósforo y nitrógeno.

El fósforo es una sustancia vital para plantas y animales y un componente importante de fertilizantes para la producción de alimentos y en la agricultura. Las reservas mundiales de fósforo son limitadas. Cada vez más, por lo
20 tanto, se están haciendo intentos por recuperar el fósforo de los desechos acuosos y los lodos residuales. Actualmente, el fosfato, que se usa como fertilizante en la agricultura, en última instancia permanece como desecho en forma de harina animal, lodos residuales o cenizas de lodos residuales. Un uso directo de harina animal o lodos residuales como fertilizante es problemático debido a la contaminación por metales pesados y razones higiénicas y, por lo tanto, está prohibido o sujeto a condiciones estrictas. Muchos fosfatos también son escasamente solubles y no
25 están disponibles para las plantas. Por lo tanto, es un objetivo cerrar el ciclo del fosfato y recuperar fosfatos disponibles para las plantas a partir de efluentes municipales, lodos residuales, productos de desecho animal como la harina animal y desechos industriales.

Se conoce la recuperación de fosfato de amonio y magnesio (abreviado "MAP") de lodos residuales. En los
30 procedimientos conocidos, los lodos residuales digeridos se acidifican y luego se separa la fase sólida. Los metales pesados se precipitan mediante la adición de sulfuros y la solución restante se mezcla con cloruro de magnesio para obtener MAP disponible en la planta ($MgNH_4PO_4 \times 6 H_2O$). En este caso, el MAP obtenido no es un producto químicamente puro. Los MAP de diferentes plantas de tratamiento difieren, por ejemplo, dependiendo del pretratamiento de los lodos residuales utilizados y las diferentes condiciones técnicas en su composición.

35 En el documento DE102007035910, se describe un procedimiento para la obtención de fosfato de amonio y magnesio a partir de lodos residuales. Aquí, los lodos digeridos se preparan primero a partir de lodos residuales, luego se desgasifican y se mezclan con aire. El MAP se precipita mediante la adición de cloruro de magnesio y se separa mediante un embudo en la parte inferior del reactor (llamado Berliner Pflanze®).

40 El documento EP2429674 describe un procedimiento para la recuperación de fosfato de lodos residuales en el que se prepara una suspensión a partir de lodos residuales con agua, alcohol, mezcla de agua/alcohol o solución acuosa, se introduce dióxido de carbono gaseoso o dióxido de carbono supercrítico como agente de extracción en la suspensión, se separan los sólidos no disueltos, se elimina el dióxido de carbono y se precipitan y separan los
45 fosfatos disueltos.

El documento DE19628009 describe un procedimiento para evaporar soluciones salinas acuosas resultantes de la producción de granulados de fertilizantes minerales en un intercambiador de calor en el que las soluciones se calientan con vapor transportado en vías de flujo separadas.

50 Además, se conocen procedimientos térmicos y químicos por vía húmeda para el procesamiento o eliminación de residuos industriales y agrícolas. Estos incluyen procedimientos en los que la implementación se lleva a cabo en condiciones supercríticas.

55 El documento DE10210178 describe la reacción del orujo de uva diluido, con una masa seca del 15%, con agua supercrítica a una temperatura promedio de 650 grados centígrados. Como productos de reacción, se obtienen en este caso H_2 , CO_2 , CH_4 y N_2 , que forman una fase homogénea con el exceso de agua y se utilizan en el intercambiador de calor para calentar nuevo educto. Las sales inorgánicas formadas se extraen del fondo del reactor y se descartan.

60 El documento DE20220307U1 describe una planta para llevar a cabo un procedimiento correspondiente con un reactor cilíndrico que no está inclinado más de 30 grados hacia la vertical, con líneas de presión para suministrar

educto y para descargar productos y una ventilación de sumidero en el extremo inferior del reactor.

El documento DE102005037469 describe un procedimiento para separar sólidos inorgánicos de una solución acuosa que contiene sólidos orgánicos e inorgánicos, con las etapas de calentamiento de la solución acuosa a una presión de entre 22,2 y 50 MPa en un intercambiador de calor a una temperatura por debajo de la temperatura pseudocrítica (350 hasta 600 grados centígrados), introducción de la solución acuosa calentada en al menos un separador en el que los sólidos inorgánicos se separan de la solución acuosa, conducción de la solución acuosa limpia a un reactor, en el que la solución acuosa se trata a una temperatura de entre 350 y 600 grados centígrados. El documento DE102005037469 también describe un aparato para llevar a cabo el procedimiento que comprende un recipiente de almacenamiento 1, una bomba 2, un intercambiador de calor 3, al menos un separador 4 y un reactor 6.

Para procesar biomasa húmeda, el documento DE102006044116 describe un procedimiento para la gasificación hidrotérmica de la biomasa en agua supercrítica a una presión superior a 22,1 MPa. Como la biomasa húmeda tal como, por ejemplo, las plantas frescas o el orujo a menudo tienen una alta concentración (aproximadamente el 30% en peso) de materia orgánica y alta viscosidad asociada con ello, estos desechos se pueden bombear con dificultad. Por lo tanto, en el documento DE102006044116, la biomasa húmeda se diluye con agua residual de procedimiento al 5-20% en peso, en base a la materia orgánica. Después de la gasificación hidrotérmica, se separan en primer lugar de los productos de reacción las sales inorgánicas y luego los gases del producto del agua residual del procedimiento. Una parte de las aguas residuales del procedimiento se utiliza para diluir la biomasa húmeda, mientras que la otra parte y las sales inorgánicas se eliminan.

El documento DE10217165 describe un procedimiento para tratar sustancias orgánicas, en el que las sustancias orgánicas se introducen en una fase acuosa para producir una fase bombeable. La presión se incrementa a al menos 221 bar y la temperatura a al menos 374 grados centígrados, la fase se introduce en un reactor de flujo y las partículas que exceden un tamaño mínimo se eliminan de la corriente del producto. Al menos el 50% de la corriente del producto se recicla al reactor.

El documento DE3885762 se refiere a un procedimiento para tratar agua, que comprende material orgánico e inorgánico, en condiciones supercríticas y la separación de los sólidos formados.

El documento DE10135431 menciona un procedimiento para el pretratamiento de reactores para la producción de hidrógeno, donde el hidrógeno se genera a partir de la reacción de compuestos orgánicos con agua supercrítica.

El documento DE29913370 describe una planta para el tratamiento de sustancias sólidas en agua supercrítica en el espacio de reacción de un reactor.

El documento DE19955150 se refiere a un procedimiento para la producción de hidrógeno, en el que los hidrocarburos y/o alcoholes se hacen reaccionar en agua supercrítica sin el uso de un catalizador.

El documento DE19747696 describe un procedimiento para llevar a cabo reacciones químicas en sistemas acuosos supercríticos, en el que uno o más compuestos reaccionan de tal manera que se usa o libera al menos un ácido, y los productos de la reacción química se enfrían al estado crítico, donde el enfriamiento se lleva a cabo agregando una lejía.

El documento DE29719196 describe un reactor para llevar a cabo procedimientos supercríticos.

El documento US 2004/192980 A1 describe un procedimiento para la separación fraccionada de productos reciclables de una mezcla acuosa multicomponente que comprende la compresión y el calentamiento de la mezcla en dos etapas para la separación de dos fracciones de productos reciclables.

El documento WO 2004/087619 A2 divulga un procedimiento y un aparato de múltiples etapas que convierte diversos desechos, como despojos, estiércol animal, lodos de aguas residuales municipales, neumáticos y plásticos en materiales reciclables.

En los procedimientos conocidos para procesar biomasa y lodos residuales, siempre quedan residuos que deben eliminarse. Los procedimientos en los que todos los componentes de la biomasa, desechos o lodos residuales pueden convertirse en materiales reciclables y pueden recuperarse materiales completamente reciclables no se conocen en el estado de la técnica. Los lodos residuales y los residuos de lodos residuales a menudo se queman. La incineración de lodos residuales produce tanto hollín como la incineración de carbón. Se pierden materiales reciclables valiosos.

El objetivo de la presente invención era desarrollar un procedimiento para la eliminación de residuos acuosos, en particular lodos residuales, en el que las sustancias valiosas (materiales reciclables) que están contenidas en los residuos acuosos tales como, por ejemplo, el fósforo, puedan recuperarse de los residuos.

5 Este objetivo se logra mediante un procedimiento según las reivindicaciones 1 a 9. En el procedimiento, se usa como educto una mezcla acuosa multicomponente. Como productos se obtienen fracciones de materiales reciclables y preferentemente gas de síntesis y agua.

La presente invención logra este objetivo al proporcionar un procedimiento que hace posible convertir todos los
10 constituyentes en mezclas acuosas multicomponentes, tales como lodos residuales, completamente en materiales reciclables y recuperar los materiales reciclables en fracciones. De cada una de las fracciones, los materiales reciclables pueden procesarse fácilmente y volver al ciclo de reciclaje. El procedimiento permite el reciclaje y la conservación de recursos de materias primas como el fósforo.

15 Es objeto de la invención un procedimiento para la separación fraccionada de materiales reciclables de una mezcla acuosa multicomponente que comprende la compresión de la mezcla acuosa multicomponente a 25 a 35 MPa, calentamiento de la mezcla comprimida acuosa multicomponente a 200 a 300 grados centígrados y la separación de una primera fracción de materiales reciclables 41, en la que se enriquecen las sustancias sólidas, calentamiento adicional de la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 300 a 400 grados centígrados y separación de una
20 segunda fracción de materiales reciclables 42 en la que se enriquecen las sales metálicas, calentamiento adicional de la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 400 a 550 grados centígrados y separación de una tercera fracción de materiales reciclables 43, en la que se enriquecen fosfato y amonio.

Antes de la separación de la tercera fracción de materiales reciclables 43, se pueden agregar uno o más
25 precipitantes tales como Mg^{2+} , Ca^{2+} y K^+ a la temperatura de 400 a 550 grados centígrados. Una realización del procedimiento para la separación fraccionada de materiales reciclables de una mezcla acuosa multicomponente comprende la compresión de la mezcla acuosa multicomponente a 25 a 35 MPa, el calentamiento de la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 200 a 300 grados centígrados y la separación de una primera fracción de materiales reciclables 41, el calentamiento adicional de la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 300 a 400
30 grados centígrados y separación de una segunda fracción de materiales reciclables 42, calentamiento adicional de la mezcla multicomponente a 400 a 550 grados centígrados y adición de uno o más precipitantes como Mg^{2+} y/o Ca^{2+} y/o K^+ y separación de una tercera fracción de materiales reciclables 43. La separación de la primera, segunda y tercera fracción de materiales reciclables 41, 42, 43 se lleva a cabo preferentemente en cada caso mediante separadores 5.

35 Las sustancias sólidas se enriquecen en la primera fracción de materiales reciclables 41.

Las sales metálicas se enriquecen en la segunda fracción de materiales reciclables 42

40 El fosfato y el amonio se enriquecen en la tercera fracción de materiales reciclables 43.

El procedimiento se caracteriza porque la mezcla acuosa multicomponente no tiene que ser deshidratada o secada previamente. La mezcla acuosa multicomponente idealmente tiene un alto contenido de agua, por ejemplo, al menos el 80% en peso de agua, preferentemente al menos el 85% en peso de agua, preferentemente al menos el 86% en
45 peso, con preferencia particular, del 87% en peso al 88% en peso de agua. Este contenido de agua es la "concentración óptima". Preferentemente, la mezcla acuosa multicomponente es bombeable. Los lodos residuales con un contenido de agua del 75% en peso ya no son bombeables, por ejemplo. Este lodo de aguas residuales se diluye a la concentración deseada usando agua interna del procedimiento. Esto también se aplica a todos los demás desechos o corrientes de desechos. En realizaciones preferidas del procedimiento, la mezcla acuosa
50 multicomponente se hace pasar a través de un dispositivo de corte 2.

El procedimiento según la invención se caracteriza porque la separación fraccionada de los materiales reciclables se lleva a cabo con al menos una bomba 3, al menos tres separadores 5 y válvulas 6 en un dispositivo cerrado con exclusión de oxígeno.

55 Es objeto de la invención un procedimiento para la separación fraccionada de materiales reciclables de un educto 31, en particular una mezcla multicomponente acuosa, que comprende la introducción desde un recipiente de almacenamiento 1 en la línea de educto 12 y opcionalmente la dilución o el espesamiento del educto 31, preferentemente la mezcla acuosa multicomponente, hasta la concentración óptima, opcionalmente la trituración de
60 componentes en el educto 31 (mezcla acuosa multicomponente), por ejemplo, con un dispositivo de corte 2, compresión a 25 a 35 MPa, por ejemplo, con una bomba 3 en particular bomba de alta presión, y conducción de la línea de educto 12 a través de un intercambiador de calor 4 para calentar el educto comprimido (mezcla acuosa

multicomponente comprimida) a 200 a 300 grados centígrados y separación de la primera fracción de materiales reciclables 41 separada, por ejemplo, con un separador 5,

conducción de la línea de educto 12 a través de un segundo intercambiador de calor 4 para calentar el educto comprimido (mezcla acuosa multicomponente comprimida) a 300 a 400 grados centígrados y separación de una

5 segunda fracción de materiales reciclables 42 separada, por ejemplo, con un segundo separador 5,

conducción de la línea de educto 12 a través de un tercer intercambiador de calor 4 para calentar el educto comprimido (mezcla acuosa multicomponente comprimida) a 400 a 550 grados centígrados y separación de una tercera fracción de materiales reciclables 43 separada, por ejemplo, con un tercer separador 5.

10 Una mezcla acuosa multicomponente se usa preferentemente como educto 31 en el procedimiento según la invención. En muchos casos, la mezcla acuosa multicomponente comprende constituyentes orgánicos. El procedimiento según la invención es particularmente adecuado para separar materiales reciclables de mezclas multicomponentes acuosas que comprenden constituyentes orgánicos y hacer que los materiales reciclables estén disponibles para un nuevo uso.

15

Las mezclas acuosas multicomponentes que pueden usarse en el procedimiento según la invención como educto 31 son, por ejemplo, lodos, lodos residuales, desechos biológicos, desechos de plantas de biogás, desechos orgánicos acuosos, desechos industriales, desechos municipales, desechos animales, desechos agrícolas, desechos de jardín, harina de animales, desechos vegetales, orujo, cenizas volantes, cenizas volantes de lodos residuales, residuos de

20 la industria alimentaria, lodo de perforación. En una realización particularmente preferida del procedimiento, la mezcla acuosa multicomponente es lodo de aguas residuales.

La mezcla acuosa multicomponente puede contener además componentes inorgánicos tales como, por ejemplo, metales y metales pesados o iones metálicos, sales metálicas, óxidos metálicos, iones de metales pesados, sales de

25

metales pesados, óxidos de metales pesados, fósforo, óxido de fósforo, fosfato, nitrógeno, óxidos de nitrógeno y amonio.

Los materiales reciclables en el sentido de la invención son todos los componentes orgánicos e inorgánicos que están contenidos en la mezcla multicomponente respectiva, por ejemplo, fósforo, por ejemplo, en forma de fosfato,

30

nitrógeno, por ejemplo, en forma de amonio, metales, por ejemplo, en forma de sales de iones metálicos, metales pesados, por ejemplo, en forma de sales de iones de metales pesados, silicio, por ejemplo, en forma de arena, calcio, por ejemplo, en forma de arena, carbono, por ejemplo, en forma de dióxido de carbono y metano,

hidrocarburos de bajo peso molecular como eteno, propeno, buteno, hidrógeno de hidrocarburos y agua. Preferentemente, el agua obtenida con el procedimiento se purifica. En este caso, se obtiene agua de descarga

35

purificada.

El procedimiento según la invención proporciona exclusivamente materiales reciclables; no hay residuos que deben eliminarse. Todos los constituyentes de la mezcla acuosa multicomponente, que se utiliza como educto, se convierten en materiales reciclables o se separan como materiales reciclables de la mezcla multicomponente, sin

40

dejar residuos por eliminar.

Una característica particular del procedimiento según la invención es que la separación de las fracciones de materiales reciclables y la conversión y separación de materiales reciclables de la mezcla acuosa multicomponente se lleva a cabo en condiciones supercríticas y sin adición de oxígeno y/o catalizadores. Para este propósito, la

45

mezcla acuosa multicomponente que se usa como educto en el procedimiento según la invención se introduce en un sistema de línea. El sistema de línea comprende la línea de educto 12 y la línea de producto 13 y puede comprender un recipiente de almacenamiento 1. El recipiente de almacenamiento 1 también puede contener un dispositivo de espesamiento. A través de la línea de educto 12, la mezcla acuosa multicomponente se comprime con una bomba 3

a una presión de 25 a 35 MPa y las etapas individuales del procedimiento se llevan a cabo en un circuito cerrado en un dispositivo, por ejemplo, como se muestra en la Figura 1, Figura 2 y Figura 3. La mezcla acuosa multicomponente se comprime en condiciones supercríticas durante la implementación del procedimiento y se denomina "mezcla acuosa multicomponente comprimida". En este caso, se establece una presión inicial de 25 a 35 MPa. Dentro del dispositivo, por ejemplo, un dispositivo según la figura 1, la figura 2 o la figura 3, en el que se lleva a cabo el procedimiento, la presión se reduce por las pérdidas de presión en el aparato, pero la presión permanece en el

50

intervalo de condiciones supercríticas.

En una realización particularmente preferida del procedimiento, la mezcla acuosa multicomponente comprimida se calienta a un máximo de 700 grados centígrados en un reactor 8 después de que la primera, la segunda y la tercera fracción de materiales reciclables 41, 42, 43 se haya separado. El reactor se calienta bajo presión supercrítica y con

60

exclusión de oxígeno. La mezcla acuosa multicomponente comprimida en el reactor 8 se calienta preferentemente a al menos 600, con preferencia particular, a un máximo de 680 grados centígrados.

- Es objeto de la invención un procedimiento para la separación fraccionada de materiales reciclables de un educto 31/mezcla acuosa multicomponente que comprende introducir el educto 31, en particular una mezcla acuosa multicomponente, desde un tanque de alimentación 1 en la línea de educto 12, opcionalmente la trituración de componentes en el educto/mezcla acuosa multicomponente, por ejemplo, con un dispositivo de corte 2, compresión de 25 a 35 MPa, por ejemplo, con una bomba 3, en particular una bomba de alta presión, y conducción de la línea de educto 12 a través de un intercambiador de calor 4 para calentar el educto comprimido 31/mezcla acuosa multicomponente comprimida a 200 a 300 grados centígrados y separación de la primera fracción de materiales reciclables 41 separada, por ejemplo, con un separador 5, conducción de la línea de educto 12 a través de un segundo intercambiador de calor 4 para calentar el educto comprimido 31/mezcla acuosa multicomponente comprimida a 300 a 400 grados centígrados y separación de una segunda fracción de materiales reciclables 42 separada, por ejemplo, con un segundo separador 5, conducción de la línea de educto 12 a través de un tercer intercambiador de calor 4 para calentar el ducto comprimido 31/mezcla acuosa multicomponente comprimida a 400 a 550 grados centígrados y separación de una tercera fracción de materiales reciclables 43 separada, por ejemplo, con un tercer separador 5,
- 15 conducción de la línea de educto 12 en un reactor 8, preferentemente conducción de la línea de educto 12 a través de un sobrecalentador 7 en un reactor 8. El sobrecalentador 7 calienta el educto comprimido 31/mezcla acuosa multicomponente comprimida hasta un máximo de 700 grados centígrados, preferentemente 600 a 680 grados centígrados.
- 20 En realizaciones particularmente preferidas del procedimiento, la mezcla acuosa multicomponente comprimida permanece a la temperatura seleccionada durante 1 a 5 minutos, preferentemente 2 a 3 minutos, más preferentemente 30 segundos, 40 segundos, 50 segundos, 60 segundos, 70 segundos, 80 segundos o 90 segundos el reactor 8. La mezcla acuosa multicomponente comprimida se calienta preferentemente al menos a 600 grados y como máximo a 700 grados centígrados después de que la primera, segunda y tercera fracción de materiales reciclables 41, 42, 43 se hayan separado a 25 a 30 MPa con exclusión de oxígeno. Preferentemente, la mezcla acuosa multicomponente comprimida en el reactor 8 a la temperatura de 600 a 700 grados centígrados tiene una presión de 25 a 30 MPa. El procedimiento según la invención se caracteriza porque la mezcla acuosa multicomponente está presente en el reactor 8 en condiciones supercríticas. En el reactor 8, tiene lugar una gasificación hidrotérmica (gasificación termoquímica) en estas condiciones, por lo que otros componentes de la mezcla acuosa multicomponente se convierten en materiales reciclables y se obtienen como productos de reacción. La mezcla acuosa multicomponente comprimida se calienta preferentemente al menos a 600 grados y como máximo 700 grados centígrados a 25 a 30 MPa, con exclusión del oxígeno, después de que la primera, segunda y tercera fracción de materiales reciclables 41, 42, 43 se hayan separado y luego enfriado.
- 35 En condiciones supercríticas, se forma un producto de reacción en el reactor 8, que comprende gas de síntesis 45 y agua 46. El producto de reacción está en el reactor 8 en condiciones supercríticas, es decir, una presión de 25 MPa o más y alta temperatura.
- El producto de reacción formado se puede enfriar de varias maneras, preferentemente usando la energía del producto de reacción. Por ejemplo, el producto de reacción que está presente en el reactor 8 en condiciones supercríticas puede usarse para calentar un nuevo educto 31, es decir, nueva mezcla acuosa multicomponente. Según la invención, se prefiere un sistema de circulación correspondiente para la recuperación y el uso de la energía de reacción. Para este propósito, el producto de reacción se pasa a través de la línea de producto 13. La línea de producto 13 pasa a través de uno o más, preferentemente tres, intercambiadores de calor 4. En los intercambiadores de calor 4, la energía térmica del producto de reacción se transfiere al educto comprimido 31, preferentemente una mezcla acuosa multicomponente comprimida, que de ese modo se calienta gradualmente.
- Es objeto de la invención un procedimiento para la separación fraccionada de materiales reciclables a partir de un educto 31, preferentemente una mezcla acuosa multicomponente que comprende introducir el educto 31, preferentemente una mezcla acuosa multicomponente, desde un recipiente de almacenamiento 1 en la línea de educto 12, opcionalmente la trituración de componentes en la mezcla acuosa multicomponente, por ejemplo, con un dispositivo de corte 2, compresión de 25 a 35 MPa, por ejemplo, con una bomba 3, en particular una bomba de alta presión, y conducción de la línea de educto 12 a través de un intercambiador de calor 4 para calentar la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 200 a 300 grados centígrados y separación de la primera fracción de materiales reciclables 41 separada, por ejemplo, con un separador 5, conducción de la línea de educto 12 a través de un segundo intercambiador de calor 4 para calentar la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 300 a 400 grados centígrados y separar una segunda fracción de materiales reciclables 42 separada, por ejemplo, con un segundo separador 5,
- 60 conducción de la línea de educto 12 a través de un tercer intercambiador de calor 4 para calentar la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 400 a 550 grados centígrados y separar una tercera fracción de materiales reciclables 43 separada, por ejemplo, con un tercer separador 5,

- conducción de la línea de educto 12 a un reactor 8, preferentemente conducción de la línea de educto 12 a través de un sobrecalentador 7 a un reactor 8 y calentamiento de la mezcla acuosa multicomponente comprimida en el sobrecalentador 7 a un máximo de 700 grados centígrados, preferentemente 600 a 680 grados centígrados, conducción del producto de reacción a través de la línea de producto 13 a través del tercer intercambiador de calor 4 para calentar la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 400 a 550 grados centígrados,
- 5 conducción de la línea del producto de reacción a través de la línea de producto 13 a través del segundo intercambiador de calor 4 para calentar la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 300 a 400 grados centígrados,
- conducción del producto de reacción a través de la línea de producto 13 a través del primer intercambiador de calor para calentar una mezcla acuosa multicomponente comprimida de 200 a 300 grados centígrados, opcionalmente
- 10 conducción del producto de reacción a través de uno o más condensadores 1 para llevar el producto de reacción a menos de 100 grados centígrados, preferentemente a menos de 50 grados centígrados, con preferencia particular, para enfriar a temperatura ambiente y luego opcionalmente expandirse a través de una válvula 6.
- 15 La energía contenida en el producto de reacción en el reactor 8 también se puede usar o almacenar de alguna otra manera.

Por enfriamiento y expansión del producto de reacción, el gas de síntesis 45 se libera del producto de reacción.

- 20 En el gas de síntesis 45, H₂, CH₄, CO₂ están enriquecidos. El gas de síntesis 45 puede incluir alcanos. En realizaciones preferidas, el gas de síntesis 45 se compone al menos del 90%, preferentemente al menos del 95%, más preferentemente del 98% o más de H₂, CH₄, CO₂. En condiciones supercríticas en el reactor 8, el gas de síntesis 45 se disuelve en el agua 46. Al enfriar, se libera el gas de síntesis 45 y se puede separar del agua 46 o del residuo acuoso. Es objeto de la invención el gas de síntesis 45 obtenible por el procedimiento según la invención. Es
- 25 objeto de la invención el uso del gas de síntesis 45 obtenible por el procedimiento según la invención.

- El producto de reacción comprende gas de síntesis 45 y agua 46. El producto de reacción preferentemente consiste esencialmente en gas de síntesis 45 y agua 46, preferentemente en al menos el 99% en peso o el 98% en peso, con preferencia particular, el 97% en peso o menos gas de síntesis 45 y agua 46. El gas de síntesis 45 y/o el agua 46
- 30 pueden comprender residuos. Además del gas de síntesis 45 y el agua 46, el producto de reacción comprende predominantemente residuos de menos del 1% en peso. En realizaciones preferidas, el producto de reacción consiste en al menos el 90%, preferentemente en al menos el 95%, más preferentemente en el 98% o más de H₂, CH₄, CO₂ y agua. Es objeto de la invención un producto de reacción obtenible por el procedimiento según la invención. Es objeto de la invención el uso del producto de reacción obtenible por el procedimiento según la
- 35 invención.

- La invención se refiere a un procedimiento para la separación fraccionada de materiales reciclables de una mezcla acuosa multicomponente que comprende introducir el educto 31, preferentemente la mezcla acuosa multicomponente desde un recipiente de almacenamiento 1 en la línea de educto 12, opcionalmente la trituración de
- 40 componentes en la mezcla acuosa multicomponente, por ejemplo, usando un dispositivo de corte 2, compresión de 25 a 35 MPa, por ejemplo, con una bomba 3, en particular una bomba de alta presión, y conducción de la línea de educto 12 a través de un intercambiador de calor 4 para calentar la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 200 a 300 grados centígrados y separar la primera fracción de materiales reciclables 41 separada, por ejemplo, con un separador 5,
- 45 conducción de la línea de educto 12 a través de un segundo intercambiador de calor 4 para calentar la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 300 a 400 grados centígrados y separar una segunda fracción de materiales reciclables 42 separada, por ejemplo, con un segundo separador 5,
- conducción de la línea de educto 12 a través de un tercer intercambiador de calor 4 para calentar la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 400 a 550 grados centígrados y separar una tercera fracción de materiales
- 50 reciclables 43 separada, por ejemplo, con un tercer separador 5,
- conducción de la línea de educto 12 a un reactor 8, preferentemente guiar la línea de educto 12 a través de un sobrecalentador 7 a un reactor 8. El sobrecalentador calienta la mezcla acuosa multicomponente comprimida a un máximo de 700 grados centígrados, preferentemente 600 a 680 grados centígrados,
- el producto de reacción se hace pasar a través de la línea de producto 13 a través del tercer intercambiador de calor
- 55 4 para calentar la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 400 a 550 grados centígrados,
- el producto de reacción se hace pasar luego a través de la línea de producto 13 a través del segundo intercambiador de calor 4 para calentar la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 300 a 400 grados centígrados,
- el producto de reacción se hace pasar luego a través de la línea de producto 13 a través del primer intercambiador de calor para calentar la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 200 a 300 grados centígrados,
- 60 el producto de reacción se hace pasar luego opcionalmente a través de uno o más condensadores 14 para enfriar el producto de reacción a menos de 100 grados centígrados, preferentemente a menos de 50 grados centígrados, con preferencia particular, a temperatura ambiente, y luego despresurizar a través de una válvula 6,

y se pasa a un recipiente de separación 10 para la separación del gas de síntesis 45 y el residuo acuoso o agua 46.

Los procedimientos anteriores pueden incluir las siguientes etapas adicionales:

5 Para separar el gas de síntesis 45 y el residuo acuoso o agua 46, el producto de reacción se pasa a un recipiente de separación 10. El gas de síntesis 45 se separa, preferentemente a través de un desempañador 9. Primero, el gas de síntesis 45 puede transferirse luego a un depósito de gas 15. En este caso, el almacenamiento de gas 15 también es un almacenamiento de energía, ya que el gas de síntesis 45 se obtiene a alta presión entre 150-200 bar o más. El gas de síntesis 45 obtenido puede usarse con o sin transferencia previa a un almacenamiento de gas 15, por ejemplo, como sigue:

a) el gas de síntesis 45 puede usarse para generar electricidad, por ejemplo, alimentado a una central combinada de calor y energía (BHKW) 17;

15 b) del gas de síntesis 45, el hidrógeno puede separarse en una planta de tratamiento de gas y luego el hidrógeno puede usarse, por ejemplo, para aplicaciones de movilidad o industriales y, si corresponde, el gas de síntesis restante, que consiste principalmente en CO₂, CH₄ y alcanos, puede usarse para generar electricidad;

20 c) el gas de síntesis puede usarse para producir productos químicos tales como metanol;

d) el gas de síntesis 45 y el calor residual del procedimiento se pueden usar para generar calor útil como el vapor.

Los procedimientos anteriores pueden incluir las siguientes etapas adicionales: para separar el gas de síntesis 45 y el residuo acuoso o agua 46, el producto de reacción se pasa a un recipiente de separación 10. El agua 46 se recupera preferentemente en el procedimiento de la invención en forma de chorro de agua. El agua 46 o el chorro de agua también se obtienen a alta presión, por ejemplo, de 150 a 200 bar. La presión del agua 46/chorro de agua puede ser ligeramente inferior a la presión del gas de síntesis 46. En general, la presión del agua 46/chorro de agua es como máximo el 2%, preferentemente como máximo el 1,8% más baja que la presión del gas de síntesis 45

30 El residuo acuoso o agua 46 puede ser, por ejemplo,

a) directamente utilizado o introducido;

35 b) mezclado con agentes precipitantes tales como Mg²⁺, Ca²⁺ o K⁺ y fosfato y/o amonio separados, preferentemente a través de un separador 5;

c) filtrado y luego reutilizado,

d) utilizado para diluir nuevo educto 31.

40

Preferentemente, una porción del agua se usa para diluir el nuevo educto 31. Para este propósito, el agua 46 o el residuo acuoso se recircula a través de la línea de circulación de agua 16.

45 El agua 46 obtenida en el procedimiento según la invención se purifica para que sea capaz de introducirse. En realizaciones preferidas del procedimiento, se obtiene agua 46 que tiene una pureza de más del 99%, preferentemente más del 99,5%, más preferentemente más del 99,9% en volumen de H₂O. En realizaciones particularmente preferidas del procedimiento, se obtiene agua con una pureza del 99,999% en volumen de H₂O. Preferentemente, la mayor parte del agua 46 obtenida se introduce como agua purificada (introducible). El agua 46 es introdurible debido a su alta pureza.

50

El procedimiento según la invención se caracteriza porque, en condiciones supercríticas, los materiales reciclables se convierten en al menos tres, preferentemente al menos cuatro, fracciones de materiales reciclables, que pueden separarse de la mezcla acuosa multicomponente. El producto de reacción, que comprende el gas de síntesis 45 y el agua 46, es también una fracción de materiales reciclables según la invención.

55

60 Los constituyentes orgánicos en la mezcla acuosa multicomponente se disuelven en condiciones supercríticas de los materiales reciclables y se convierten por gasificación termoquímica en gas de síntesis 45. Preferentemente, todas las etapas del procedimiento de separación de materiales reciclables y depuración, al menos hasta la etapa del procedimiento de gasificación termoquímica en el reactor 8 inclusive, proceden en condiciones supercríticas. En este caso, los componentes orgánicos en la mezcla multicomponente se gasifican con agua supercrítica a presiones y temperaturas superiores al punto crítico del agua (22,1 MPa y 374 grados centígrados). En estas condiciones, el agua supercrítica disuelve bien las sustancias orgánicas, mientras que las sales inorgánicas precipitan

simultáneamente. Este efecto es más pronunciado cuando la densidad del agua cae por debajo de un valor de 200 kg/m³. Este valor se produce a temperaturas justo por encima de la llamada temperatura pseudocrítica. El presente procedimiento se caracteriza porque la mezcla acuosa multicomponente se calienta a presiones de al menos 25 MPa. La diferente solubilidad de los componentes contenidos en la mezcla multicomponente como, por ejemplo, la solubilidad de iones metálicos y sustancias orgánicas durante el calentamiento en condiciones supercríticas, se utiliza para separar las fracciones de materiales reciclables.

La primera fracción de materiales reciclables 41 se separa o precipita de la mezcla acuosa multicomponente a al menos 25 MPa y preferentemente a lo sumo 35 MPa y a una temperatura de 200 a 300 grados centígrados y luego se puede separar, por ejemplo, por medio de un separador 5 y una válvula 6. Los sólidos se enriquecen en la primera fracción de materiales reciclables 41, por ejemplo, metales, minerales sólidos, arena, por ejemplo, calcio, silicio, por ejemplo, en forma de sus óxidos. Los materiales reciclables en la primera fracción de materiales reciclables 41 son, por ejemplo, calcio, silicio y sus óxidos, metales y arena. Es objeto de la invención la primera fracción de materiales reciclables 41 obtenible por el procedimiento según la invención. Es objeto de la invención el uso de la primera fracción de materiales reciclables 41 obtenible por el procedimiento según la invención.

La segunda fracción de materiales reciclables 42 se separa o precipita de la mezcla acuosa multicomponente a al menos 25 MPa y a una temperatura de 300 a 400 grados centígrados y luego se puede separar, por ejemplo, por medio de un segundo separador 5 y una segunda válvula 6. En la segunda fracción de materiales reciclables 42, las sales metálicas están enriquecidas, preferentemente sales metálicas sólidas o líquidas, por ejemplo, sales metálicas, que comprenden hierro, aluminio, níquel, zinc, cadmio, plomo, manganeso. Los materiales reciclables en la segunda fracción de materiales reciclables 42 son, por ejemplo, hierro, aluminio, níquel, zinc, cadmio, plomo, manganeso en forma de sus sales. Es objeto de la invención la segunda fracción de materiales reciclables 42 obtenible por el procedimiento según la invención. Es objeto de la invención el uso de la segunda fracción de materiales reciclables 42 obtenible por el procedimiento según la invención.

La tercera fracción de materiales reciclables 43 se separa o precipita de la mezcla acuosa multicomponente al menos a 25 MPa y un aumento de temperatura a 400 a 550 grados centígrados. Para la separación completa de los materiales reciclables fosfato y amonio en la tercera fracción de materiales reciclables 43, se puede agregar un precipitante 32 como Mg²⁺ o Ca²⁺ o K⁺ o Mg²⁺ y Ca²⁺ o Mg²⁺ y K⁺ o Ca²⁺ y K⁺ o Mg²⁺ y Ca²⁺ y K⁺ y, por lo tanto, el fosfato y el amonio se separan y depuran por completo en el tercera fracción de materiales reciclables 43. Mg²⁺ o Ca²⁺ o K⁺ o Mg²⁺ y Ca²⁺ o Mg²⁺ y K⁺ o Ca²⁺ y K⁺ o Mg²⁺ y Ca²⁺ y K⁺ sirven como precipitantes 32 en este caso para la deposición de fosfato y/o amonio. El precipitante 32 se agrega a través de una línea con el precipitante 18 a la mezcla acuosa multicomponente comprimida que se encuentra en la línea de educto 12 (Fig. 2). Por ejemplo, la mezcla acuosa multicomponente comprimida se puede conducir al separador 5 y el precipitante 32 también se puede conducir al separador 5. Es objeto de la invención la tercera fracción de materiales reciclables 43 obtenible por el procedimiento según la invención con la adición de precipitante en la tercera fracción de materiales reciclables 43. Es objeto de la invención el uso de la tercera fracción de materiales reciclables 43 obtenible por el procedimiento según la invención con la adición de precipitante en la tercera fracción de materiales reciclables 43.

Alternativamente, sin la adición del agente precipitante 32, por ejemplo, Mg²⁺ o Ca²⁺ o K⁺, solo una porción del fosfato y el amonio en la tercera fracción de materiales reciclables 43 se separan y se depuran, mientras que parte del fosfato y el amonio permanecen en solución y se pueden depositar en cualquier otra parte del procedimiento. (Fig. 1 y Fig. 3). Es objeto de la invención la tercera fracción de materiales reciclables 43 obtenible por el procedimiento según la invención sin adición de precipitante en la tercera fracción de materiales reciclables 43. Es objeto de la invención el uso de la tercera fracción de materiales reciclables 43 obtenible por el procedimiento según la invención sin la adición de precipitante en la tercera fracción de materiales reciclables 43. El fosfato y/o el amonio se separan completamente añadiendo el precipitante 32 en la tercera fracción de materiales reciclables o del producto de reacción o el residuo acuoso 46 obtenido o el agua.

En la cuarta fracción de materiales reciclables, que comprende el gas de síntesis 45 y el agua 46, el fosfato y/o el amonio se pueden separar añadiendo el precipitante 32. Por ejemplo, después de enfriar y relajar el producto de reacción y separar el gas de síntesis 45, se agrega el precipitante 32 a la solución acuosa o al agua (Fig. 1). Alternativamente, por ejemplo, el precipitante 32 puede añadirse al reactor 8 (Fig. 3). Después de la separación del gas de síntesis 45, se pueden separar fosfato y amonio, por ejemplo, agregando Mg²⁺ o Ca²⁺ o K⁺ o Mg²⁺ y Ca²⁺ o Mg²⁺ y K⁺ o Ca²⁺ y K⁺ o Mg²⁺ y Ca²⁺ y K⁺. La separación del fosfato y el amonio se puede realizar en o inmediatamente antes de la cuarta fracción de materiales reciclables, es decir, después de la gasificación termoquímica y opcionalmente después de que el gas de síntesis 45 se haya separado, después del enfriamiento y la expansión, es decir, a presión ambiente y temperatura ambiente. La deposición de fosfato y/o amonio se puede llevar a cabo según la invención en varios puntos del procedimiento. La deposición de fosfato y/o amonio se caracteriza porque se agrega el precipitante 32. Según la invención, se prefiere la deposición de fosfato y amonio después de que el producto de reacción se haya enfriado y relajado, preferentemente después de que el gas de

síntesis 45 se haya separado.

El magnesio, el calcio y el potasio son preferentemente adecuados como precipitantes 32. Cuando se usa magnesio y/o calcio y/o potasio, se obtiene directamente fosfato de amonio disponible en la planta, por ejemplo, MAP, que puede usarse directamente como fertilizante. Es objeto de la invención el fertilizante disponible para plantas, por ejemplo, MAP, obtenible por el procedimiento según la invención. Es objeto de la invención el uso de fertilizante disponible para plantas, por ejemplo, MAP, obtenible por el procedimiento según la invención.

El magnesio como precipitante 32 se puede añadir, por ejemplo, en forma de MgO o MgCl₂. La temperatura puede ser, por ejemplo, de hasta un máximo de 600 grados centígrados, preferentemente de hasta un máximo de 550 grados centígrados, con preferencia particular, de hasta un máximo de 500 grados centígrados o de 400 grados centígrados o menos, por ejemplo, temperatura ambiente. La temperatura seleccionada depende de si se agrega Mg²⁺ antes de que la tercera fracción de materiales reciclables se separe o después de que el producto de reacción se haya enfriado y expandido. Si se agrega Mg²⁺ antes de la separación de la tercera fracción de materiales reciclables, se puede omitir la adición posterior. De manera análoga, se pueden agregar Ca²⁺ y K⁺ para la deposición de fosfato y amonio. También es posible usar mezclas de diferentes composiciones de Mg²⁺ y Ca²⁺ y K⁺ para la deposición. Preferentemente, Mg²⁺ y/o Ca²⁺ y/o K⁺ se expresarán en cantidades estequiométricas o en un ligero exceso.

En realizaciones particularmente preferidas de la invención, el fosfato de magnesio y amonio (abreviado como "MAP", también llamado estruvita) se precipita en las fracciones de materiales reciclables. En realizaciones particularmente preferidas de la invención, el MAP disponible en la planta (MgNH₄PO₄ x 6H₂O) está enriquecido en la tercera y opcionalmente la cuarta fracción de materiales reciclables, por ejemplo, MgNH₄PO₄ x 6H₂O (9,9% de Mg, 7,3% de NH₄, 39,0% de PO₄, 43,8% de H₂O). El MAP obtenido no es un producto químicamente puro. Entre otros factores, la composición del MAP depende del educto utilizado, la composición de la mezcla acuosa multicomponente.

En la fracción de materiales reciclables, uno o más compuestos seleccionados de MAP, dihidrógeno fosfato de potasio KH₂PO₄, hidrógeno fosfato de diamonio (NH₄)₂HPO₄, P₂O₅, superfosfato, fosfato de dihidrógeno de calcio (Ca₃(H₂PO₄)₂), sulfato de calcio 2 [CaSO₄ x 2H₂O], superfosfato doble, dihidrógeno fosfato de calcio (Ca₃(H₂PO₄)₂), superfosfato triple, hidrogenofosfato de diamonio ((NH₄)₂HPO₄) y también fosfato de diamonio (fosfato de diamonio, DAP, 18-46-0, aproximadamente 18% de N, 46% de P₂O₅, 0% de K₂O), Ca₅Si₆O₁₆(OH)₂ x 4H₂O. Preferentemente, los compuestos de fosfato y amonio precipitados en las fracciones de material reciclable son solubles en agua y están fácilmente disponibles para las plantas. MAP y otros compuestos de fosfato y amonio se obtienen con altos rendimientos por medio del presente procedimiento. Estos compuestos son productos de bajas emisiones, que debido a su buena disponibilidad de plantas son muy adecuados como fertilizantes o como materia prima para la producción de fertilizantes. La invención se refiere a compuestos de fósforo y amonio obtenibles por el procedimiento según la invención.

Aquí también se describe el uso de compuestos de fósforo y amonio obtenibles por el procedimiento según la invención.

Se está haciendo evidente que los lodos residuales se utilizarán en el futuro en cantidades significativamente menores para fines agrícolas, en particular debido a las regulaciones más estrictas de la Ordenanza de lodos residuales. Los nutrientes contenidos en las aguas residuales y, en última instancia, en el lodo de aguas residuales, especialmente el fósforo, deben reutilizarse en otras formas agrícolas de alta calidad. La recuperación de fósforo de las aguas residuales puede recuperar cantidades significativas de fósforo. El presente procedimiento proporciona fosfato de magnesio y amonio y otros compuestos de fosfato y amonio, así como productos disponibles para la planta y con una alta eficiencia de al menos el 80%, preferentemente de al menos el 85% o más.

El uso del procedimiento según la invención y el uso de un dispositivo para separar, depurar y recuperar fosfato o para producir fertilizante a partir de mezclas acuosas multicomponentes tales como lodos residuales también se describen en el presente documento. El uso del procedimiento o el uso de un dispositivo para producir fosfato de amonio y magnesio, fosfato de amonio y calcio, fosfato de amonio y potasio también se describen en el presente documento. El presente procedimiento es adecuado para la producción de fertilizantes, en particular fertilizantes minerales de alta calidad, en particular fertilizantes de liberación lenta, a partir de los cuales los nutrientes de las plantas se pueden absorber fácilmente, que se obtiene como fracción de materiales reciclables tres y/o cuatro, a partir de aguas residuales y/o lodos residuales como una mezcla acuosa multicomponente. El procedimiento puede usarse para producir fertilizantes.

El fertilizante del cual se pueden absorber fácilmente los nutrientes de la planta se llama "fertilizante disponible para plantas". "Fertilizante disponible para plantas" denota un fertilizante del cual las plantas pueden absorber al menos el

50% en peso, preferentemente al menos el 60% en peso, con preferencia particular, al menos el 70% en peso o más del fosfato contenido.

- El procedimiento según la invención puede producir fertilizante, en particular fertilizante disponible para la planta, por ejemplo, fertilizante, que comprende al menos el 50% en peso de MAP. El fertilizante que comprende uno o más compuestos seleccionados de MAP, KH_2PO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, P_2O_5 , superfosfato, $(\text{Ca}_3(\text{H}_2\text{PO}_4)_2)$, $2[\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}]$, superfosfato doble, $(\text{Ca}_3(\text{H}_2\text{PO}_4)_2)$, superfosfato triple, $((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4)$, $\text{Ca}_5\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ puede prepararse por el procedimiento según la invención, preferentemente en el dispositivo descrito.
- 10 En comparación con los procedimientos conocidos para el procesamiento de lodos residuales, el procedimiento según la invención difiere, entre otras cosas, en que se obtiene una fracción de materiales reciclables en la que se enriquecen los compuestos de fosfato disponibles para la planta. La tercera y/o cuarta fracción de materiales reciclables, que también se conoce como fracción de nutrientes y se enriquece con la adición de Mg^{2+} MAP, se caracteriza particularmente porque no contiene metales pesados, componentes orgánicos tóxicos o sustancias farmacéutica o biológicamente nocivas y que, por lo tanto, se pueden usar directamente como fertilizante.

“Enriquecido” en una fracción de materiales reciclables o en el gas de síntesis significa que la fracción de materiales reciclables o el gas de síntesis consisten esencialmente en uno o más materiales reciclables. Por ejemplo, al menos el 50% en peso o el 60% en peso, preferentemente al menos el 70% en peso o el 80% en peso, con preferencia particular, al menos el 90% en peso o más del 95% en peso de uno o más materiales reciclables.

Los materiales reciclables son, por ejemplo, metales, metales pesados, iones metálicos, sales metálicas, óxidos metálicos, iones metálicos pesados, sales de metales pesados, óxidos de metales pesados, por ejemplo, hierro, sales de hierro, aluminio, sal de aluminio, níquel, sal de níquel, zinc, sal de zinc, cadmio, sal de cadmio, plomo, sal de plomo, titanio, sal de titanio, mercurio, sal de mercurio, estaño, sal de estaño, manganeso, sal de manganeso, molibdeno, sal de molibdeno, cobalto, sal de cobalto, fósforo, óxido de fósforo, fosfato, nitrógeno, óxidos de nitrógeno, amonio, silicio, por ejemplo, en forma de arena, calcio, por ejemplo, en forma de arena, carbono en forma de dióxido de carbono y metano, hidrógeno. Se pueden producir materiales reciclables utilizando el procedimiento según la invención.

30 La primera fracción de materiales reciclables 41 comprende una o más sustancias seleccionadas de metales, metales pesados, por ejemplo, hierro, aluminio, níquel, zinc, cadmio, plomo, titanio, mercurio, estaño, manganeso, molibdeno, cobalto y aleaciones metálicas, silicio, por ejemplo, en forma de arena, calcio, por ejemplo, en forma de arena, se caracteriza porque la primera fracción de materiales reciclables puede ser producida por el procedimiento según la invención.

40 La segunda fracción de materiales reciclables 42 que comprende una o más sustancias seleccionadas a partir de iones metálicos, sales metálicas, óxidos metálicos, iones de metales pesados, sales de metales pesados, óxidos de metales pesados, tales como sales de hierro, sales de aluminio, sales de níquel, sales de zinc, sales de cadmio, sales de plomo, sales de titanio, sales de estaño, sales de manganeso, sales de molibdeno, sales de cobalto, se caracteriza porque que la segunda fracción de materiales reciclables 42 se puede producir por el procedimiento según la invención.

45 La tercera fracción de materiales reciclables 43 que comprende una o más sustancias seleccionadas de fósforo, óxido de fósforo, fosfato, nitrógeno, óxidos de nitrógeno, amonio, fosfato de magnesio y amonio, fosfato de calcio y amonio, fosfato de amonio y potasio, KH_2PO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, P_2O_5 , superfosfato, $(\text{Ca}_3(\text{H}_2\text{PO}_4)_2)$, $2[\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}]$, superfosfato doble, $(\text{Ca}_3(\text{H}_2\text{PO}_4)_2)$, superfosfato triple, $((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4)$, $\text{Ca}_5\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ se caracteriza porque la tercera fracción de materiales reciclables 43 se puede producir por el procedimiento según la invención.

50 La cuarta fracción de materiales reciclables 44 que comprende una o más sustancias seleccionadas de fósforo, óxido de fósforo, fosfato, nitrógeno, óxidos de nitrógeno, amonio, fosfato de amonio y magnesio, fosfato de amonio y calcio, fosfato de amonio y potasio, MAP, KH_2PO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, P_2O_5 , superfosfato, $(\text{Ca}_3(\text{H}_2\text{PO}_4)_2)$, $2[\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}]$, superfosfato doble, $(\text{Ca}_3(\text{H}_2\text{PO}_4)_2)$, superfosfato triple, $((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4)$, $\text{Ca}_5\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ se caracteriza porque la cuarta fracción de materiales reciclables 44 se puede producir por el procedimiento según la invención.

55 Con el procedimiento según la invención, los materiales reciclables que están contenidos en el sistema multicomponente acuoso también pueden depositarse como más de tres fracciones reciclables (es decir, más de tres fracciones de materiales reciclables calculadas hasta la etapa del procedimiento de la gasificación termoquímica en el reactor 8). Esto significa que los materiales reciclables se separan y se depuran en fracciones de materiales reciclables más pequeñas. Para este propósito, los aumentos de temperatura se llevan a cabo hasta un máximo de 600, preferentemente como máximo 550 grados centígrados a intervalos más pequeños, por ejemplo, a intervalos de temperatura de 50 grados) y, por lo tanto, se depositan por consiguiente más de tres fracciones reciclables hasta la

etapa de procedimiento de la gasificación termoquímica y opcionalmente se separan. Según su respectiva solubilidad, se obtienen de esta manera materiales reciclables menos distintos en una fracción de materiales reciclables en comparación con las tres fracciones reciclables descritas según la reivindicación 1, que se obtienen cuando la temperatura aumenta de 200 a 550 grados centígrados en condiciones supercríticas.

5

Un experto en la técnica puede adaptar fácilmente el procedimiento en consecuencia.

El producto de reacción generado es en particular el gas de síntesis 45. El gas de síntesis 45 consiste en al menos el 80% en volumen, preferentemente al menos el 90% en volumen de dióxido de carbono, metano e hidrógeno y puede prepararse mediante el procedimiento según la invención.

10

El procedimiento según la invención difiere de los procedimientos conocidos en que el enriquecimiento se lleva a cabo en condiciones supercríticas y posterior gasificación termoquímica sin adición de catalizadores y con exclusión de oxígeno. Estas condiciones de reacción dan como resultado un producto de reacción, en particular gas de síntesis 45 y fracciones de materiales reciclables, que difieren de los productos de reacción conocidos.

15

En el procedimiento según la invención, se usa preferentemente un ciclo de calor cerrado. El producto de reacción formado en el reactor 8 por medio de gasificación termoquímica en condiciones supercríticas (25-30 MPa y 600-700 grados centígrados) tiene una alta energía térmica. Preferentemente, la energía térmica del producto de reacción se usa para calentar un nuevo educto 31. Por ejemplo, el producto de reacción se pasa a través del intercambiador de calor 4 y se usa para calentar una mezcla acuosa multicomponente comprimida. En una realización preferida del procedimiento, el producto de reacción del reactor 8 se pasa a través de la línea de producto 13 a al menos uno, preferentemente al menos dos o tres intercambiadores de calor 4 y se usa para calentar una mezcla acuosa multicomponente comprimida. Preferentemente, dos o tres o más intercambiadores de calor 4 están dispuestos uno detrás del otro, a través de los cuales se pasa el producto de reacción sucesivamente, liberando su energía térmica y, por lo tanto, se enfría. Particularmente preferida es la línea del producto de reacción en un primer intercambiador de calor 4 para calentar una mezcla acuosa multicomponente comprimida de 300 a 400 grados centígrados a 400 a 550 grados centígrados, luego hacer pasar a través de un segundo intercambiador de calor 4 para calentar una mezcla acuosa multicomponente comprimida de 200 a 300 grados centígrados a 300 a 400 grados centígrados, luego hacer pasar en línea a través de un tercer intercambiador de calor 4 para calentar una mezcla acuosa multicomponente comprimida desde la temperatura inicial hasta 200 a 300 grados centígrados. La temperatura inicial de la mezcla acuosa multicomponente comprimida en la línea de educto 12 es de 0 a 50 grados centígrados, preferentemente de 15 a 30 grados centígrados, con preferencia particular, de aproximadamente 25 grados centígrados.

20

El procedimiento según la invención comprende que el producto de reacción se enfría a menos de 50 grados centígrados. El producto de reacción se expande posteriormente o al mismo tiempo a una presión de menos de 1 MPa, preferentemente menos de 0,5 MPa. El gas de síntesis 45 se disuelve en el agua 46 en condiciones supercríticas, como las presentes, por ejemplo, en el reactor 8. El agua 46 y el gas de síntesis 45 forman una fase a temperaturas de entre 600 y 700 grados centígrados y presiones superiores a 25 MPa. Por refrigeración y expansión, se separan el gas de síntesis 45 y el agua 46. El gas de síntesis 45 puede separarse y reutilizarse. Por ejemplo, el procedimiento según la invención puede comprender la separación de hidrógeno del gas de síntesis 45. Por ejemplo, el procedimiento según la invención puede comprender la separación de dióxido de carbono del gas de síntesis 45. Por ejemplo, el procedimiento según la invención puede comprender la separación de hidrógeno del gas de síntesis 45. El gas de síntesis 45 puede usarse, por ejemplo, en plantas combinadas de calor y energía (BHKW). El gas de síntesis 45 obtenido puede usarse con o sin transferencia previa a un depósito de gas 15, por ejemplo, de la siguiente manera: el gas de síntesis 45 puede usarse para generar electricidad, por ejemplo, alimentado a una central combinada de calor y energía (BHKW) 17; el hidrógeno puede separarse del gas de síntesis 45 en una planta de tratamiento de gas y luego el hidrógeno puede usarse, por ejemplo, para aplicaciones de movilidad o industriales y, si corresponde, el gas de síntesis restante, que consiste principalmente en CO₂, CH₄ y alcanos, puede usarse para generar electricidad; el gas de síntesis puede usarse para fabricar productos químicos como, por ejemplo, metanol; el gas de síntesis 45 y el calor residual del procedimiento pueden usarse para generar calor útil, por ejemplo, vapor. El residuo acuoso o el agua 46 o el chorro de agua pueden usarse, por ejemplo, directamente o introducirse; se puede mezclar con agentes precipitantes tales como Mg²⁺, Ca²⁺ o K⁺ y separar fosfato y/o amonio separados, preferentemente a través de un separador 5; se puede filtrar y luego reutilizar o introducir; puede usarse para diluir nuevo educto 31.

25

30

35

40

45

50

55

60

La invención se refiere a un procedimiento para la separación fraccionada de materiales reciclables de mezclas acuosas multicomponentes en un dispositivo que comprende bomba 3, intercambiador de calor 4, reactor 8 con sobrecalentador 7 y separador 5, donde la mezcla acuosa multicomponente se bombea al dispositivo y se comprime a 25 a 35 MPa, la mezcla acuosa multicomponente comprimida se calienta a 200 a 300 grados centígrados y se separa una primera

fracción de materiales reciclables 41, en la que se enriquecen las sustancias sólidas, la mezcla acuosa multicomponente comprimida se calienta adicionalmente a 300 a 400 grados centígrados y se separa una segunda fracción de materiales reciclables 42, en el que se enriquecen las sales metálicas, la mezcla acuosa multicomponente comprimida se calienta adicionalmente a 400 a 550 grados centígrados y se
 5 separa una tercera fracción de materiales reciclables 43, en la que se enriquecen fosfato y amonio, la mezcla acuosa multicomponente comprimida en el reactor 8 se calienta a un máximo de 700 grados centígrados, y permanece en el reactor 8 durante 1 a 5 minutos, preferentemente de 2 a 3 minutos, a esta temperatura y una presión de 25 a 30 MPa, y luego el producto de reacción formado se enfría posteriormente de ese modo, se pasa a uno o más intercambiadores de calor 4 y se enfría el producto de reacción con una temperatura de menos de 50
 10 grados centígrados, preferentemente menos de 30 grados centígrados a una presión de menos de 1 MPa, preferentemente menos de 0,5 MPa y, por lo tanto, el producto de reacción se separa en gas de síntesis 45 y agua 46 y el gas de síntesis 45 y agua 46 se recogen por separado, y luego, si es apropiado, el agua se mezcla con el precipitante 32 y una cuarta fracción de materiales reciclables 44, en la que se enriquecen fosfato y amonio, se separa por medio de un separador 4.

15 En el procedimiento, el producto de reacción formado se hace pasar preferentemente a través de la línea de producto 13 a través de un intercambiador de calor 4 para calentar la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 400 a 550 grados centígrados, a través de la línea de producto 13 a un segundo intercambiador de calor 4 para calentar la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 300 a 400 grados centígrados, se pasa a través de la
 20 línea de producto 14 en otro intercambiador de calor 4 para calentar la mezcla acuosa multicomponente comprimida de 200 a 300 grados y el producto de reacción se enfría de ese modo.

Para evitar que la bomba 3 se bloquee, los componentes en la mezcla acuosa multicomponente se trituran en partículas de un diámetro medio de menos de 5 mm, preferentemente menos de 3 mm, con preferencia particular, de
 25 menos de 2 mm o 1 mm, antes de comprimirse a 25 a 35 MPa. Para ello, se puede usar un dispositivo de corte 2.

El procedimiento según la invención puede llevarse a cabo con un dispositivo que comprende un recipiente de almacenamiento 1, un dispositivo de corte 2, una bomba 3, al menos tres intercambiadores de calor 4, separadores 5 para separar las fracciones de materiales reciclables, válvulas 6, al menos un reactor 8 con sobrecalentador 7,
 30 desempañador 9, recipiente de separación 10, línea de gas de síntesis 11, línea de educto 12, línea de producto 13, refrigerador 14, almacenamiento de gas 15, línea de circulación de agua 16, generador de energía 17, línea para precipitante 18. Un aparato para llevar a cabo el procedimiento según la invención. puede un recipiente de almacenamiento 1, un dispositivo de corte 2, una bomba 3, al menos tres intercambiadores de calor 4, separadores 5 para separar las fracciones de materiales reciclables, válvulas 6, al menos un reactor 8 con sobrecalentador 7,
 35 desempañador 9, recipiente de separación 10, línea de gas de síntesis 11, línea de educto 12, línea de producto 13, condensador 14, almacenamiento de gas 15, circuito de línea de agua 16, generador de energía 17, línea de precipitante 18, caracterizado porque el producto de reacción que se forma en el reactor 8 cuando la mezcla comprimida acuosa multicomponente se calienta a un máximo de 700 grados centígrados, se regresa a la línea de producto 13 y se pasa a través de un intercambiador de calor 4 para calentar una mezcla acuosa multicomponente
 40 comprimida de 400 a 550 grados centígrados, en la línea de producto 13 se conduce a un segundo intercambiador de calor 4 para calentar una mezcla acuosa multicomponente comprimida de 300 a 400 grados centígrados, a través de la línea de producto 13 se conduce a otro intercambiador de calor 4 para calentar una mezcla acuosa multicomponente comprimida de 200 a 300 grados.

45 Se describen realizaciones adicionales de los dispositivos en la Figura 1, la Figura 2 y la Figura 3.

Un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento según la invención comprende un recipiente de almacenamiento 1 para recibir la mezcla acuosa multicomponente, una línea de educto 12 para conducir la mezcla acuosa multicomponente, un dispositivo de corte 2 para triturar la mezcla acuosa multicomponente, una bomba 3 para
 50 comprimir la mezcla acuosa multicomponente, al menos tres intercambiadores de calor 4 para calentar el mezcla acuosa multicomponente comprimida hasta 550 grados centígrados, al menos tres separadores 5 para separar la primera a la tercera fracción de materiales reciclables 41, 42, 43, válvulas 6 para separar las fracciones de materiales reciclables, la bomba 3 y la línea del precipitante 18 para introducir el precipitante 32 en el tercer separador 5.

55 Este dispositivo puede comprender, además, al menos un reactor 8 con sobrecalentador 7 para preparar el producto de reacción, la línea de producto 13 para conducir el producto de reacción, opcionalmente un refrigerador 14 para enfriar el producto de reacción a menos de 50 grados centígrados, al menos una válvula 6 para la expansión del producto de reacción, al menos un recipiente de separación 10 con desempañador 9 para la separación del gas de
 60 síntesis 45, línea de gas de síntesis 11 para transferir el gas de síntesis 45 para un uso adicional, opcionalmente un almacenamiento de gas 15 para el almacenamiento intermedio del gas de síntesis 45 .

Este dispositivo puede comprender, además, un cuarto separador 5, al menos una bomba 3 y una línea para el precipitante 18 para introducir el precipitante 18 en el cuarto separador 5 para separar la cuarta fracción de materiales reciclables 44, opcionalmente un separador adicional 5 para separar la cuarta fracción de materiales reciclables 44, opcionalmente una línea de circulación de agua 16, opcionalmente un generador de energía 17.

- 5 Una bomba de pistón, por ejemplo, es adecuada como la bomba 3 en el dispositivo. Como separador 4 en el dispositivo, por ejemplo, un ciclón es adecuado. Para lograr el calentamiento rápido de la mezcla acuosa multicomponente comprimida, se usarán intercambiadores de calor 4.
- 10 El estado supercrítico de la mezcla acuosa multicomponente en el procedimiento según la invención se establece a presiones superiores a 22,1 MPa y temperaturas superiores a 374 grados centígrados. Se utilizan presiones de al menos 25 MPa en el procedimiento. La presión en el sistema permanece preferentemente en el mismo nivel. Esto está garantizado por las válvulas 6, en particular las válvulas de compensación de presión. Las válvulas de compensación de presión pueden ubicarse en una o más ubicaciones del dispositivo y sobre las cuales se regula la
- 15 igualación de presión y se puede lograr el mantenimiento del nivel de presión. Se suministra nuevo educto 31 (mezcla acuosa multicomponente) y los productos de reacción formados (agua 46 y gas de síntesis 45) y las fracciones de materiales reciclables 41, 42 y 43 se descargan.

En condiciones supercríticas, la solubilidad iónica varía con la temperatura y el agua se convierte simultáneamente de disolvente polar en disolvente no polar. Esta propiedad del agua supercrítica se usa para la separación fraccionada (separación) de materiales reciclables de mezclas acuosas multicomponentes. Las mezclas acuosas multicomponentes como el lodo de aguas residuales y los desechos orgánicos acuosos se descomponen por completo en sus componentes reciclables y las fracciones separadas se envían para su reutilización al circuito de reciclaje.

- 20 En el procedimiento según la invención, las mezclas multicomponentes acuosas pueden descomponerse en fracciones de materiales reciclables más pequeñas. La acumulación de fracciones materiales reciclables se lleva a cabo en más de tres etapas, en las que se seleccionan intervalos de temperatura más pequeños seleccionados en el procedimiento a una presión de al menos 25 MPa y los materiales reciclables enriquecidos se separan en fracciones
- 25 más pequeñas. Por ejemplo, el aumento de temperatura se puede aumentar en etapas de 50 grados, comenzando con 200 grados centígrados. En consecuencia, se obtienen más fracciones de materiales reciclables que contienen menos materiales reciclables diferentes. En casos extremos, los intervalos de temperatura se eligen tan pequeños que los materiales individuales se enriquecen por separado.

- 30 Las siguientes Figuras describen la invención con más detalle. Sin embargo, las Figuras no limitan la invención a estas realizaciones.

Fig. 1 muestra un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento según la invención con recipiente de alimentación 1, dispositivo de corte 2, bomba 3, línea de educto 12, intercambiador de calor 4, separador 5, válvula 6, reactor 8 con sobrecalentador 7, línea de producto 13, refrigerador/secador 14, almacenamiento de gas 15, línea de circulación de agua 16, generador de energía 17, por ejemplo, línea de turbina de gas, BHKW, con precipitante 18. El educto 31 se llena en el recipiente de almacenamiento 1. La primera fracción de materiales reciclables 41, la segunda fracción de materiales reciclables 42, la tercera fracción de materiales reciclables 43 y la cuarta fracción de materiales reciclables 44 se eliminan mediante válvulas. El agua 46 también se puede eliminar o alimentar a la línea

40 de circulación de agua 16. El gas de síntesis 45 se recoge en un depósito de gas 15 y se convierte en electricidad 47 a través de un generador de energía 17. La adición del precipitante 32 a través de una bomba 3 y la línea con el precipitante 18 después de la separación del gas de síntesis 45 del producto de reacción en la cuarta fracción de materiales reciclables 44.

Fig. 2 muestra un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento según la invención con recipiente de almacenamiento 1, dispositivo de corte 2, bomba 3, línea de educto 12, intercambiador de calor 4, separador 5, válvula 6, reactor 8 con sobrecalentador 7, línea de producto 13, refrigerador/secador 14, el almacenamiento de gas 15, línea de circulación de agua 16, generador de energía 17, por ejemplo, línea de turbina de gas, BHKW, con precipitante 18. El educto 31 se llena en el recipiente de almacenamiento 1. La primera fracción de materiales reciclables 41, la segunda fracción de materiales reciclables 42, la tercera fracción de materiales reciclables 43 y la cuarta fracción de materiales reciclables 44 se eliminan mediante válvulas. El agua 46 también se puede eliminar o alimentar a la línea de circulación de agua 16. El gas de síntesis 45 se recoge en un almacenamiento de gas 15 y se convierte en electricidad 47 a través de un generador de energía 17. La adición del precipitante 32 se lleva a cabo a través de una bomba 3 y la línea con precipitante 18 en la tercera fracción de materiales reciclables 43 por adición

50 del precipitante al educto 31 comprimido en el tercer separador 5.

Fig. 3 muestra un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento según la invención con el recipiente de

alimentación 1, dispositivo de corte 2, bomba 3, línea de educto 12, intercambiador de calor 4, separador 5, válvula 6, reactor 8 con sobrecalentador 7, línea de producto 13, refrigerador/secador 14, almacenamiento de gas 15, línea de circulación de agua 16, generador de energía 17, por ejemplo, línea de turbina de gas, BHKW, línea con precipitante 18. El educto 31 se llena en el recipiente de almacenamiento 1. La primera fracción de materiales 5 reciclables 41, la segunda fracción de materiales reciclables 42, la tercera fracción de materiales reciclables 43 y la cuarta fracción de materiales reciclables 44 se eliminan mediante válvulas. El agua 46 también se puede eliminar o alimentar a la línea de circulación de agua 16. El gas de síntesis 45 se recoge en un almacenamiento de gas 15 y se convierte en electricidad 47 a través de un generador de energía 17. La adición del precipitante 32 se lleva a cabo a través de una bomba 3 y la línea con precipitante 18 en el reactor 8 y separación de la cuarta fracción de materiales 10 reciclables 44 a través de una válvula 6.

En la descripción, se usan los mismos números de referencia para las mismas partes y partes equivalentes.

Debería observarse en este punto que todas las partes descritas anteriormente tomadas solas y en cualquier 15 combinación, en particular los detalles mostrados en los dibujos, se consideran esenciales para la invención. Las modificaciones a esto son familiares para el experto en la técnica.

Números de referencia

20 Dispositivo para llevar a cabo el procedimiento:

1 recipiente de almacenamiento
2 dispositivo de corte
3 bomba

25 4 Intercambiador de calor
5 separador
6 válvula
7 sobrecalentador
8 reactor

30 9 desempañador (separador de gotas)
10 recipiente de separación
11 línea de gas de síntesis
12 línea de educto
13 línea producto

35 14 condensador/secador
15 almacenamiento de gas
15 línea de circulación de agua
16 generador de energía (turbina de gas/ BHKW)
18 línea con precipitante

40

Eductos:

31 educto, en particular mezcla acuosa multicomponente
32 precipitante

45

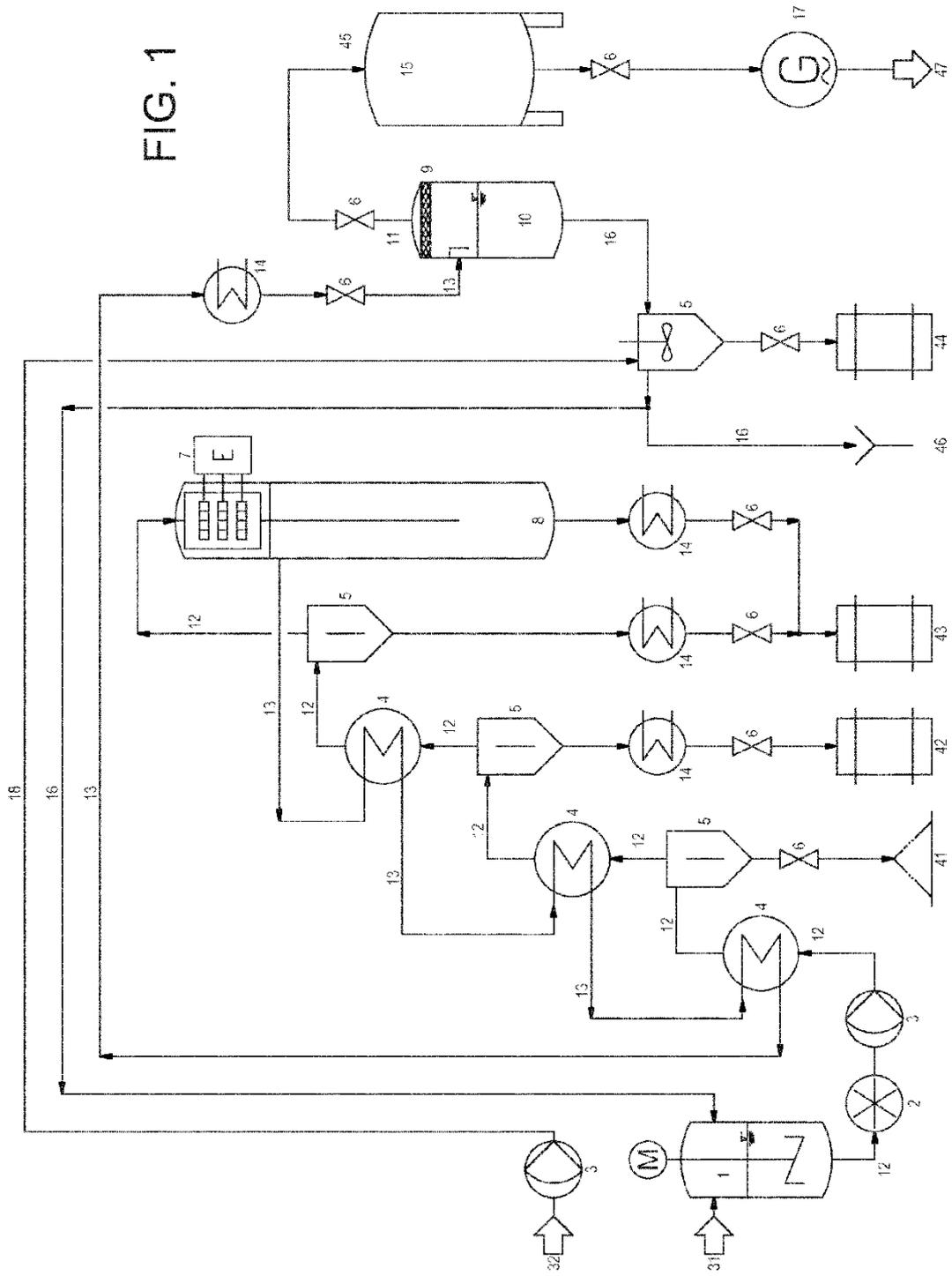
Materiales reciclables:

41 primera fracción de materiales reciclables
42 segunda fracción de materiales reciclables
50 43 tercera fracción de materiales reciclables
44 cuarta fracción de materiales reciclables
45 gas de síntesis
46 agua
47 corriente

55

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la separación fraccionada de materiales reciclables de una mezcla acuosa multicomponente que comprende
- 5 compresión de la mezcla acuosa multicomponente a 25 a 35 MPa, calentamiento de la mezcla comprimida acuosa multicomponente a 200 a 300 grados centígrados y separación de una primera fracción de materiales reciclables (41), en la que se enriquecen sustancias sólidas,
- calentamiento adicional de la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 300 a 400 grados centígrados y separación de una segunda fracción de materiales reciclables (42) en la que se enriquecen sales metálicas,
- 10 calentamiento adicional de la mezcla acuosa multicomponente comprimida a 400 a 550 grados centígrados y separación de una tercera fracción de materiales reciclables (43), en la que se enriquecen fosfato y amonio.
2. Procedimiento según la autorización 1, caracterizado porque, después de separar la primera, segunda y tercera fracción de materiales reciclables (41), (42), (43) en un reactor (8), la mezcla acuosa multicomponente comprimida
- 15 se calienta a un máximo de 700 grados centígrados durante uno a cinco minutos en ausencia de oxígeno, donde se forma un producto de reacción que comprende gas de síntesis (45) y agua (46).
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque el producto de reacción se pasa a una línea de producto (13) y la línea de producto (13) con el producto de reacción se pasa a través de un intercambiador de calor
- 20 (4) en el que la energía térmica se transfiere desde el producto de reacción a una mezcla acuosa multicomponente comprimida, lo que hace que la mezcla acuosa multicomponente comprimida se caliente a 400 a 550 grados centígrados.
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 2 o 3, caracterizado porque el producto de reacción
- 25 se hace pasar en una línea de producto (13) a través de un segundo intercambiador de calor (4) en el que la energía térmica se transfiere del producto de reacción a una mezcla acuosa multicomponente comprimida, por lo que la mezcla acuosa multicomponente comprimida se calienta a 300 a 400 grados centígrados.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado porque el producto de reacción se
- 30 hace pasar en una línea de producto (13) a través de un intercambiador de calor adicional (4) en el que la energía térmica se transfiere del producto de reacción a una mezcla acuosa multicomponente comprimida, por lo que la mezcla acuosa multicomponente comprimida se calienta a 200 a 300 grados centígrados.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque a la mezcla acuosa
- 35 multicomponente comprimida a una temperatura de 400 a 550 grados centígrados, se agrega un precipitante (32) y la tercera fracción de materiales reciclables (43) se separa y se depura.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se añade un precipitante (32) al
- producto de reacción y se separa y se depura una cuarta fracción de materiales reciclables (44).
- 40
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 o 7, caracterizado porque el precipitante (32) se selecciona de Mg^{2+} o Ca^{2+} o K^+ o Mg^{2+} y Ca^{2+} o Mg^{2+} y K^+ o Ca^{2+} y K^+ o Mg^{2+} y Ca^{2+} y K^+ y los iones se usan en forma de sus sales.
- 45
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la mezcla acuosa multicomponente se selecciona entre lodos residuales, residuos orgánicos, residuos orgánicos acuosos, residuos industriales, residuos municipales, residuos animales, residuos agrícolas, residuos de jardín, harinas de animales, residuos vegetales, orujo, cenizas volantes, cenizas volantes de lodos residuales, residuos de la industria alimentaria, lodo de perforación, lodo, residuos de plantas de biogás.



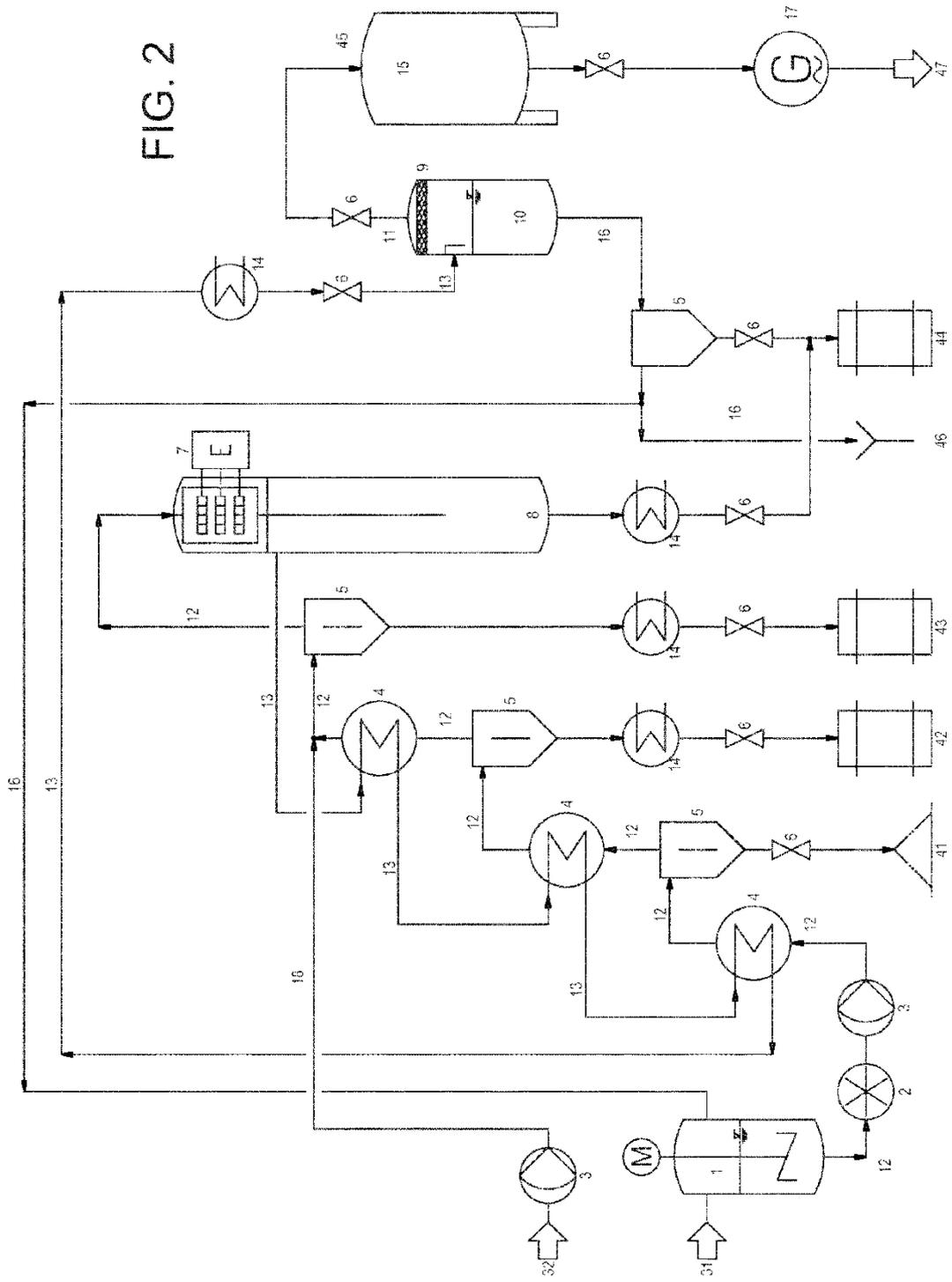


FIG. 3

