

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 735 106**

51 Int. Cl.:

**C01B 7/09** (2006.01)

**C01F 11/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.02.2016 PCT/IB2016/050883**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.08.2016 WO16132319**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.02.2016 E 16711342 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2019 EP 3259230**

54 Título: **Recuperación de bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo y sus aplicaciones**

30 Prioridad:

**18.02.2015 US 201562117492 P**

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

**16.12.2019**

73 Titular/es:

**ELCON RECYCLING CENTER (2003) LTD.  
(100.0%)  
6 HaVered Street  
8551600 Neot Hovev, IL**

72 Inventor/es:

**ELGAT, ZVI y  
BEN MENASHE, ABRAHAM**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 735 106 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**

Recuperación de bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo y sus aplicaciones

**5 Campo de la invención**

La presente invención, en algunas realizaciones de la misma, se refiere a la recuperación de bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, y sus aplicaciones, tal como para recuperar bromo en una forma adecuada para su reutilización, o para fabricar sal de bromo (por ejemplo, bromuro de calcio).

10

**Antecedentes de la invención**

Los materiales retardantes de llama (o fuego) (aditivos, ingredientes, sustancias), también conocidos como retardantes de llama (o fuego), se utilizan en la fabricación de innumerables tipos y clases diferentes de productos abarcados por, o relacionados con, numerosos campos. Tales productos se utilizan comercialmente y se aplican en una amplia variedad de industrias, tales como la construcción (materiales de construcción), suelos y revestimientos de suelos, techos y cubiertas de techo, muebles, tapicería, alfombras (moquetas), ropa (textiles), equipos eléctricos y electrónicos, embalaje, agricultura, transporte, aeroespacial y militar. Los materiales retardantes de llama (fuego) se utilizan con el objetivo de proporcionar propiedades retardantes de llama (fuego), o mejorar las propiedades retardantes de llama (fuego) de, tales productos utilizados comercialmente.

15

20

La categoría más utilizada de materiales retardantes de llama (fuego) consiste en materiales retardantes de llama (fuego) a base de bromo, que están hechos de o a partir de, e incluyen, tipos de compuestos de compuestos de bromo (orgánicos o inorgánicos) o tipos de compuestos de compuestos bromados (orgánicos y/o inorgánicos) que tienen un efecto inhibitorio sobre la combustión (ignición, quema) de materiales combustibles (combustionables, inflamables). Dichos tipos orgánicos de compuestos de bromo o tipos bromados de compuestos orgánicos (es decir, compuestos de bromo orgánico) se conocen habitualmente y se denominan compuestos retardantes de llama bromados (BFR) o retardantes de llama bromados (BFR).

25

30

En procesos de, fabricación de materiales retardantes de llama a base de bromo, o que los implican, se genera una gran cantidad de residuos en forma sólida, que, después de una manipulación/procesamiento especial (para neutralizar y/o estabilizar compuestos de bromo potencialmente peligrosos), tienen que eliminarse, típicamente, en un vertedero. Dichos procesos van acompañados de costes relacionados con la manipulación/procesamiento especial de los residuos sólidos, los costes relacionados con la eliminación de los residuos sólidos en vertederos y los costes relacionados con los restos de bromo no utilizados (no consumidos) en los residuos sólidos. Por ejemplo, en tales procesos, cada tonelada (2.000 libras) de compuestos de bromo (orgánicos y/o inorgánicos) de materia prima (de entrada) genera aproximadamente media tonelada (1.000 libras) de residuos sólidos, de los cuales aproximadamente el 30 % es de bromo no utilizado (no consumido) que se elimina.

35

40

En tales procesos, los residuos sólidos pueden contener cantidades sustanciales de bromo no utilizado (no consumido). Si tal bromo no utilizado puede recuperarse, reciclarse (reutilizarse) o/y utilizarse para otras aplicaciones (por ejemplo, otros procesos de fabricación que requieren bromo), los costes generales asociados con la fabricación de materiales retardantes de llama a base de bromo pueden reducirse significativamente y aumentar las ganancias.

45

**Sumario de la invención**

La presente invención, en algunas realizaciones de la misma, se refiere a la recuperación de bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, y sus aplicaciones, tal como para recuperar bromo en una forma adecuada para su reutilización, o para fabricar sal de bromo (por ejemplo, bromuro de calcio).

50

De acuerdo con un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención, se proporciona un método para recuperar bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, comprendiendo el método: proporcionar los residuos sólidos que contienen los compuestos de bromo; proporcionar un suministro de hidróxido de calcio sólido; mezclar los residuos sólidos y el hidróxido de calcio sólido, formando de este modo una mezcla de los mismos; calentar la mezcla en un ambiente de reducción química (no oxidante), para formar un producto calentado que incluye bromuro de calcio sólido; y procesar el producto calentado que incluye bromuro de calcio sólido, para formar bromo.

55

60

De acuerdo con un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención, se proporciona un método para fabricar bromuro de calcio sólido a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, comprendiendo el método: proporcionar los residuos sólidos que contienen los compuestos de bromo; proporcionar un suministro de hidróxido de calcio sólido; mezclar los residuos sólidos y el hidróxido de calcio sólido, formando de este modo una mezcla de los mismos; y calentar la mezcla en un ambiente de reducción química (no oxidante), para formar bromuro de calcio sólido.

65

## ES 2 735 106 T3

Según algunas realizaciones de la invención, se está suministrando una cantidad del hidróxido de calcio sólido correspondiente al equivalente estequiométrico de la cantidad de bromo contenida en los compuestos de bromo de los residuos sólidos proporcionados.

- 5 Según algunas realizaciones de la invención, la mezcla se realiza de manera tal que la mezcla formada a partir de la misma se encuentre en forma de polvo.

Según algunas realizaciones de la invención, el calentamiento se realiza con una temperatura de funcionamiento en un intervalo de entre aproximadamente 400 °C y aproximadamente 800 °C.

- 10 Según algunas realizaciones de la invención, el calentamiento se realiza con una presión de operación en un intervalo de entre aproximadamente 10,13 kPa (0,1 atm, 76,0 mm Hg) y aproximadamente 202,65 kPa (2 atm, 1520 mm Hg).

- 15 Según algunas realizaciones de la invención, el calentamiento incluye eliminar los gases formados a partir de allí.

Según algunas realizaciones de la invención, el calentamiento incluye transferir de forma forzada y mover la mezcla calentada, y el producto calentado de bromuro de calcio formado a partir de él, desde el principio al fin del calentamiento.

- 20 Según algunas realizaciones de la invención, la transferencia y el movimiento forzados se realiza mediante un dispositivo de transferencia de masa forzada.

- 25 Según algunas realizaciones de la invención, el dispositivo de transferencia de masa forzada incluye uno o más componentes rotables de forma controlable configurados y operativos para rotar de manera controlable con una velocidad de operación o velocidad de rotación en un intervalo de entre aproximadamente 1 ronda por minuto (rpm) y aproximadamente 30 rondas por minuto (rpm).

- 30 Según algunas realizaciones de la invención, el calentamiento se realiza con un tiempo de residencia de reacción química en un intervalo de entre aproximadamente 20 minutos (min) y aproximadamente 60 minutos (min).

Según algunas realizaciones de la invención, el procesamiento del producto calentado, incluido el bromuro de calcio, incluye la disolución del producto calentado de bromuro de calcio sólido en agua, formando de este modo una solución acuosa de bromuro de calcio.

- 35 Según algunas realizaciones de la invención, se somete la solución acuosa de bromuro de calcio a un procedimiento de separación, separando de este modo el bromo de la solución acuosa.

- 40 Según algunas realizaciones de la invención, el procesamiento del producto calentado que incluye bromuro de calcio incluye el calentamiento del producto calentado de bromuro de calcio sólido en presencia de oxígeno, formando de este modo óxido de calcio sólido y bromo gaseoso.

Según algunas realizaciones de la invención, se condensa el bromo gaseoso, formando de este modo bromo líquido.

- 45 Según algunas realizaciones de la invención, el método comprende además controlar el funcionamiento y el procesamiento de la datos e información asociada con, proporcionar los residuos sólidos, proporcionar el suministro de hidróxido de calcio sólido, la mezcla y el calentamiento, a través de una unidad de control de procesos/procesamiento de datos de información.

- 50 Según algunas realizaciones de la invención, el método comprende además controlar el funcionamiento y el procesamiento de la datos e información asociada con, procesar el bromuro de calcio sólido.

- 55 De acuerdo con un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención, se proporciona un sistema para recuperar bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, comprendiendo el sistema: una unidad de entrada de residuos sólidos, para recibir y contener los residuos sólidos; una unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido, para suministrar hidróxido de calcio sólido a los residuos sólidos; una unidad de mezcla, conectada operativamente a la unidad de entrada de residuos sólidos y la unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido, para mezclar los residuos sólidos y el hidróxido de calcio sólido, y donde se forma una mezcla de los mismos; una unidad de calentamiento, conectado operativamente a la unidad de mezcla, para calentar la mezcla en un entorno de reducción química (no oxidante), y donde se forma un producto calentado que comprende bromuro de calcio sólido; y una unidad de procesamiento químico, conectada operativamente a la unidad de calentamiento, para procesar el bromuro de calcio sólido, y donde se forma bromo.

- 65 De acuerdo con un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención, se proporciona un sistema para fabricar bromo de calcio sólido a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, comprendiendo el sistema: una unidad de entrada de residuos sólidos, para recibir y contener los residuos sólidos; una unidad de

- 5 suministro de hidróxido de calcio sólido, para suministrar hidróxido de calcio sólido a los residuos sólidos; una unidad de mezcla, conectada operativamente a la unidad de entrada de residuos sólidos y la unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido, para mezclar los residuos sólidos y el hidróxido de calcio sólido, y donde se forma una mezcla de los mismos; y una unidad de calentamiento, para calentar la mezcla en un ambiente de reducción química (no oxidante), y donde se forma bromuro de calcio sólido.
- 10 Según algunas realizaciones de la invención, la unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido está configurada para suministrar una cantidad del hidróxido de calcio sólido correspondiente al equivalente estequiométrico de la cantidad de bromo contenida en los compuestos de bromo de los residuos sólidos proporcionados.
- 15 Según algunas realizaciones de la invención, la unidad de mezcla incluye un dispositivo de mezcla configurado para mezclar los residuos sólidos y el hidróxido de calcio sólido, por lo que la mezcla formada a partir de ella está en forma de polvo.
- 20 Según algunas realizaciones de la invención, la unidad de calentamiento está configurada para calentar la mezcla a una temperatura de funcionamiento en un intervalo de entre aproximadamente 400 °C y aproximadamente 800 °C.
- Según algunas realizaciones de la invención, la unidad de calentamiento está configurada para calentar la mezcla a una presión de operación en un intervalo de entre aproximadamente 10,13 kPa (0,1 atm, 76,0 mm Hg) y aproximadamente 202,65 kPa (2 atm, 1520 mm Hg).
- 25 Según algunas realizaciones de la invención, la unidad de calentamiento está configurada para eliminar los gases formados durante el calentamiento de la mezcla.
- 30 Según algunas realizaciones de la invención, la unidad de calentamiento incluye un dispositivo de calentamiento configurado para transferir de forma forzada y mover la mezcla, y el producto calentado de bromuro de calcio formado a partir de él, a través del dispositivo de calentamiento durante el calentamiento.
- Según algunas realizaciones de la invención, el dispositivo de calentamiento incluye un dispositivo de transferencia de masa forzada configurado para efectuar la transferencia forzada y el movimiento a través del dispositivo de calentamiento.
- 35 Según algunas realizaciones de la invención, el dispositivo de calentamiento incluye una cámara de calentamiento, donde se encuentra el dispositivo de transferencia de masa forzada.
- 40 Según algunas realizaciones de la invención, el dispositivo de transferencia de masa forzada incluye un componente rotable de forma controlable configurado y operativo para rotar de manera controlable como un tornillo rotable de forma controlable o similarmente configurado geoméricamente y un tipo operativo de componente rotable.
- 45 Según algunas realizaciones de la invención, el componente rotable de forma controlable está configurado y es operativo para rotar de manera controlable con una velocidad de operación o velocidad de rotación en un intervalo de entre aproximadamente 1 ronda por minuto (rpm) y aproximadamente 30 rondas por minuto (rpm).
- Según algunas realizaciones de la invención, la unidad de calentamiento está configurada para calentar la mezcla durante un tiempo de residencia de reacción química en un intervalo de entre aproximadamente 20 minutos (min) y aproximadamente 60 minutos (min).
- 50 Según algunas realizaciones de la invención, el sistema comprende además una unidad de proceso de control/proceso de datos e información, conectado operativamente a, y operación de control y procesamiento de datos de información asociados con la unidad de entrada de residuos sólidos, la unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido, la unidad de mezcla y la unidad de calentamiento.
- 55 Según algunas realizaciones de la invención, la unidad de control de procesos/procesamiento de datos e información está conectada operativamente a, y, operación de control y procesamiento datos de información asociados con la unidad de procesamiento químico.
- 60 Todas las palabras, términos y/o frases técnicas y/o científicas utilizadas en el presente documento tienen el mismo significado o similar que un experto en la técnica a la que se refiere la invención entiende habitualmente, *a menos que se defina o indique lo contrario específicamente en el presente documento*. Los métodos, materiales y ejemplos descritos en el presente documento son solo ilustrativos y no se pretende que sean necesariamente limitativos. Aunque en la práctica y/o prueba de realizaciones de la invención se pueden usar métodos y/o materiales equivalentes o similares a los descritos en el presente documento, a continuación se describen métodos y/o materiales de ejemplo. En caso de conflicto, la memoria descriptiva de la patente, incluyendo definiciones, regirá.
- 65 La implementación de algunas realizaciones de la invención puede implicar realizar o completar tareas seleccionadas manualmente, automáticamente, o una combinación de las mismas. Además, de acuerdo con la

instrumentación y el equipo reales de algunas realizaciones de la invención, varias tareas seleccionadas podrían implementarse por hardware, por software, por firmware, o una combinación de los mismos, utilizando un sistema operativo.

5 Por ejemplo, el hardware para realizar tareas seleccionadas de acuerdo con realizaciones de la invención podría implementarse como un chip, como un circuito, o una combinación de los mismos. Como software, las tareas seleccionadas de algunas realizaciones de la invención podrían implementarse como una pluralidad de instrucciones de software ejecutadas por un ordenador usando cualquier sistema operativo adecuado. En una realización de la invención de ejemplo, una o más tareas de realizaciones de ejemplo del método y/o sistema como se describe en el presente documento se realizan mediante un procesador de datos, tal como una plataforma de computación para ejecutar una pluralidad de instrucciones. Opcionalmente, el procesador de datos incluye una memoria volátil para almacenar instrucciones y/o datos. De forma alternativa o adicional, opcionalmente, el procesador de datos incluye un almacenamiento no volátil, por ejemplo, un disco duro magnético y/o medios extraíbles, para almacenar instrucciones y/o datos. Opcionalmente, también se proporciona una conexión de red. Opcionalmente, también se proporciona una pantalla o/y un dispositivo de entrada de usuario, como un teclado o un ratón.

### Breve descripción de los dibujos

20 Algunas realizaciones de la presente invención se describen en el presente documento, a modo de ejemplo únicamente, con referencia a los dibujos adjuntos. Con referencia específica ahora a los dibujos con detalle, se subraya que los detalles mostrados son a modo de ejemplo y con fines de descripción ilustrativa de algunas realizaciones de la presente invención. A este respecto, la descripción tomada junto con los dibujos adjuntos hacen evidente a los expertos en la materia cómo se pueden poner en práctica algunas realizaciones de la presente invención.

25 En los dibujos:

la figura 1A es un diagrama de flujo de una realización de ejemplo de un método para recuperar bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención; la figura 1B es un diagrama de flujo de etapas de ejemplo (procedimientos/procesos) de procesamiento del bromuro de calcio sólido [sal] formado a través de la realización de ejemplo del método para recuperar bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo presentados en la figura 1A, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención; la figura 2 es un diagrama esquemático (tipo de flujo de proceso) de una realización de ejemplo de un sistema para recuperar bromo (también aplicable a la fabricación de bromuro de calcio sólido [sal]) a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención; y la figura 3 es un diagrama de flujo de una realización de ejemplo de un método para fabricar bromuro de calcio sólido [sal] a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

### 40 Descripción de realizaciones específicas de la invención

La presente invención, en algunas realizaciones de la misma, se refiere a la recuperación de bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, y sus aplicaciones, tal como para recuperar bromo en una forma adecuada para su reutilización, o para fabricar sal de bromo (por ejemplo, bromuro de calcio).

50 En procesos de, fabricación de materiales retardantes de llama a base de bromo, o que los implican, se genera una gran cantidad de residuos en forma sólida, que, después de una manipulación/procesamiento especial (para neutralizar y/o estabilizar compuestos de bromo potencialmente peligrosos), tienen que eliminarse, típicamente, en un vertedero. Dichos procesos van acompañados de costes relacionados con la manipulación/procesamiento especial de los residuos sólidos, los costes relacionados con la eliminación en vertederos de los residuos sólidos y los costes relacionados con, típicamente, cantidades sustanciales de restos de bromo no utilizados (no consumidos) en los residuos sólidos.

55 Algunas realizaciones de la invención proporcionan formas únicas (por ejemplo, que implican la mezcla, calentamiento, procesamiento químico y control de los procesos y los equipos) para dichos restos de bromo no utilizados (no consumidos) en los residuos sólidos que se recuperarán, reciclarán (reutilizarán) o/y utilizarán para otras aplicaciones (por ejemplo, otros procesos de fabricación que requieren bromo). Algunas realizaciones de la invención son aplicables para reducir significativamente los costes generales y aumentar las ganancias, asociados con la fabricación de materiales retardantes de llama a base de bromo. Algunas realizaciones de la invención son adecuadas en aplicaciones que involucran la fabricación de materiales retardantes de llama a base de bromo sin requerir una manipulación/procesamiento especial implicados en la neutralización, estabilización y/o eliminación compuestos de bromo potencialmente peligrosos. Algunas realizaciones del proceso de recuperación de bromo y del proceso de fabricación de bromuro de calcio sólido, Son altamente eficientes en términos de producir cantidades relativamente pequeñas de residuos y/o productos secundarios. Algunas realizaciones de la invención proporcionan formas altamente eficientes y rentables de recuperar bromo, así como de fabricación de sal bromuro de calcio sólido

de alta calidad.

Las etapas o procedimientos, subetapas o subprocedimientos, y equipos y materiales, unidades del sistema, subunidades del sistema, dispositivos, ensamblajes, subensamblajes, mecanismos, estructuras, componentes, elementos y configuraciones, y equipamiento periférico, utilidades, accesorios y materiales, así como la operación e implementación de realizaciones de ejemplo, realizaciones alternativas, configuraciones específicas y aspectos, características o rasgos adicionales y opcionales de los mismos, de algunas realizaciones de la presente invención, se entienden mejor con referencia a la siguiente descripción ilustrativa y dibujos adjuntos. A lo largo de la siguiente descripción ilustrativa y dibujos adjuntos, la misma notación y terminología de referencia (es decir, números, letras, símbolos) se usan de manera consistente y se refieren a las mismas etapas o procedimientos, estructuras, componentes, elementos, y/o características. Debe entenderse que la invención no está necesariamente limitada en su aplicación a ningún orden secuencial particular de etapas o procedimientos del método, o a detalles particulares de construcción y/o disposición del dispositivo, aparatos, y/o componentes del sistema, expuestos en la siguiente descripción ilustrativa. La invención es capaz de otras realizaciones o de ponerse en práctica o llevarse a cabo en diversas maneras.

Un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención es un método para recuperar bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo.

En referencia a continuación a los dibujos, la figura 1A es un diagrama de flujo de una realización de ejemplo (indicada como, y referida por, el número de referencia 100), incluyendo las etapas de ejemplo (procedimientos/procesos) de ejemplo de los mismos, de un método para recuperar bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo. En la figura 1A, la realización de ejemplo **100** del método incluye etapas de ejemplo (procedimientos/procesos) representados por bloques separados (marcos) a los que se asignan números de referencia, por ejemplo, **104**, **108**, **112**, etc. En el presente documento, la realización de ejemplo **100** de un método para recuperar bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo también se denomina método de recuperación de bromo.

Como se muestra en la figura 1, de manera no limitativa, y en algunas realizaciones, tal como la realización de ejemplo **100**, el método de recuperación de bromo incluye las siguientes etapas de ejemplo (procedimientos/procesos).

En **104**, se proporciona el residuo sólido que contiene los compuestos de bromo.

En **108**, se proporciona un suministro de hidróxido de calcio sólido [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (sólido)], habitualmente denominado y conocido como cal.

En **112**, se mezclan los residuos sólidos y el hidróxido de calcio sólido, formando de este modo una mezcla de los mismos.

En **116**, se calienta la mezcla en un ambiente de reducción química (no oxidante) (es decir, un ambiente sin condiciones de *oxidación* química y con la presencia de condiciones de *reducción* química), formando de este modo un producto calentado que incluye bromuro de calcio sólido [ $\text{CaBr}_2$ (sal)].

En **120**, se procesa el producto calentado que incluye bromuro de calcio sólido [ $\text{CaBr}_2$  (sal)], para formar bromo [ $\text{Br}_2$ ].

En realizaciones de ejemplo de la invención, la realización de etapas de ejemplo (procedimientos/procesos) **104**, **108**, **112**, **116** y **120**, da como resultado la recuperación de bromo de los residuos sólidos que contienen los compuestos de bromo.

En realizaciones de ejemplo, el método de recuperación de bromo incluye además la etapa de ejemplo (procedimiento/proceso) **124**, donde hay una operación de control y procesamiento de datos e información asociada con, etapas del método (procedimientos/procesos) **104**, **108**, **112**, **116** y **120**, y equipos relacionados utilizados para su realización. Más específicamente, en **124**, hay una operación de control y procesamiento de datos e información asociada con, las etapas del método (procedimientos/procesos) y el equipo relacionado utilizado para realizar: **104** - proporcionar los residuos sólidos que contienen los compuestos de bromo; **108** - proporcionar un suministro de hidróxido de calcio sólido; **112** - mezclar los residuos sólidos y el hidróxido de calcio sólido, formando de este modo una mezcla de los mismos; **116** - calentar la mezcla en un ambiente de reducción química (no oxidante), formando de este modo un producto calentado que incluye bromuro de calcio sólido; y **120** - procesar el producto calentado que incluye bromuro de calcio sólido, para formar bromo. En la figura 1A, dicho control y procesamiento de los etapas del método de recuperación de bromo (procedimientos/procesos), y el equipo relacionado utilizado para realizarlos, están representados esquemáticamente por la línea discontinua **126** que se extiende desde **124** y se conecta a las líneas discontinuas **126a**, **126b**, **126c**, **126d** y **126e**, extendiéndose desde las respectivas etapas del método (procedimientos/procesos) **104**, **108**, **112**, **116** y **120**.

la figura 1B es un diagrama de flujo de etapas de ejemplo (procedimientos/procesos) del método de recuperación de

bromo (procedimiento/proceso) **120** de procesar el producto calentado, incluido el bromuro de calcio sólido (sal), por ejemplo, como se formó a través de la realización de ejemplo **100** del método para recuperar bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo presentados en la figura 1A.

- 5 En realizaciones de ejemplo del método de recuperación de bromo, la etapa (procedimiento/proceso) **120** de procesar el producto calentado (enfriado o caliente) que incluye bromuro de calcio sólido puede incluir etapas de ejemplo (procedimientos/procesos) **130** y **134**, por ejemplo, como se presenta en la figura 1B. En **130**, se disuelve el producto calentado (de bromuro de calcio sólido [ $\text{CaBr}_2$  (sal)]) en agua, formando de este modo una solución acuosa de bromuro de calcio. En **134**, se somete la solución acuosa de bromuro de calcio a un procedimiento de separación,  
10 separando de este modo el bromo de la solución acuosa.

- En realizaciones de ejemplo, la etapa (procedimiento/proceso) **120** de procesar el producto calentado (enfriado o caliente) (de bromuro de calcio sólido [ $\text{CaBr}_2$  (sal)]), en lugar de (es decir, como alternativa a), o, además de (es decir, por separado, en paralelo o concurrentemente), incluyendo los etapas (procedimientos/procesos) **130** y **134**,  
15 puede incluir las etapas de ejemplo (procedimientos/procesos) **138** y **142**, por ejemplo, como se presenta en la figura 1B. En **138**, se calienta el producto calentado (enfriado o caliente) (de bromuro de calcio sólido [ $\text{CaBr}_2$  (sal)]) en presencia de oxígeno, formando de este modo óxido de calcio sólido [ $\text{CaO}$ ] y bromo gaseoso [ $\text{Br}_2$ ]. En **142**, se condensa el bromo gaseoso, formando de este modo bromo líquido.

- 20 En realizaciones de ejemplo, como parte de la operación de control y el procesamiento de la datos e información asociada con la etapa (procedimiento/proceso) **120** de procesar el producto calentado, incluido el bromuro de calcio sólido, hay una operación de control y procesamiento de datos e información asociada con, las etapas de ejemplo (procedimientos/procesos) **130** y **134** y/o las etapas de ejemplo (procedimientos/procesos) **138** y **142**.

- 25 Otro aspecto de algunas realizaciones de la presente invención es un sistema para recuperar bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo.

- El sistema para recuperar bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, de manera no limitativa, y en algunas realizaciones, incluye: una unidad de entrada de residuos sólidos, una unidad de suministro  
30 de hidróxido de calcio sólido, una unidad de mezcla, una unidad de calentamiento y una unidad de procesamiento químico. En algunas realizaciones, el sistema de recuperación de bromo incluye además una unidad de control de proceso/procesamiento de datos e información.

- La figura 2 es un diagrama esquemático (tipo de flujo de proceso) de una realización de ejemplo (indicada como y referida por el número de referencia **200**), incluyendo las unidades de ejemplo, dispositivos, ensamblajes,  
35 componentes, funcionalidades y características indicadas de los mismos, de un sistema para recuperar bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo.

- La realización de ejemplo **200** del sistema mostrado en la figura 2, de manera no limitativa, es adecuada para  
40 implementar algunas realizaciones del método para recuperar bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, tal como la realización de ejemplo **100** del método de recuperación de bromo presentado en las figuras 1A y 1B. De forma similar, la realización de ejemplo **100** del método presentado en las figuras 1A y 1B, de manera no limitativa, es adecuada para implementar algunas realizaciones del sistema para recuperar bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, tal como la realización de ejemplo **200** de un sistema de  
45 recuperación de bromo presentado en la figura 2. En el presente documento, la realización de ejemplo **200** de un sistema para recuperar bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo también se denomina sistema de recuperación de bromo.

- Como se muestra en la figura 2, de manera no limitativa, y en algunas realizaciones, tal como la realización de  
50 ejemplo **200**, el sistema de recuperación de bromo incluye las siguientes unidades de ejemplo (proceso químico/procesamiento químico): una unidad de entrada de residuos sólidos, una unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido, una unidad de mezcla, una unidad de calentamiento y una unidad de procesamiento químico. En algunas realizaciones, el sistema de recuperación de bromo incluye además una unidad de control de proceso/procesamiento de datos e información.

- 55 La unidad de entrada de residuos sólidos **206** es para recibir y contener los residuos sólidos **204**. Los residuos sólidos **204** se alimentan o entran al sistema de recuperación de bromo a través de la unidad de entrada de residuos sólidos **206** y se mantienen o contienen en un vaso de contención o contenedor (recipiente), por ejemplo, vaso de contención o contenedor (recipiente) **208**.

- 60 La unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido **210** es para suministrar hidróxido de calcio sólido [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ], por ejemplo, hidróxido de calcio sólido **212**, a los residuos sólidos **204**. La unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido **210** incluye un vaso de contención o contenedor (recipiente), por ejemplo, vaso de contención o contenedor (recipiente) **214**, para contener o incluir el hidróxido de calcio sólido **212** y desde el cual el hidróxido de  
65 calcio sólido **212** se suministra a los residuos sólidos **204**.

La unidad de mezcla **216**, conectado operativamente a la unidad de entrada de residuos sólidos **206** y la unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido **210**, es para mezclar los residuos sólidos **204** y el hidróxido de calcio sólido **212**, y en donde se forma una mezcla **218** de los residuos sólidos **204** y el hidróxido de calcio sólido **212**.

5 La unidad de calentamiento **220**, conectada operativamente a la unidad de mezcla **216**, es para calentar la mezcla de los residuos sólidos **204** y el hidróxido de calcio sólido **212**, en un ambiente de reducción química (no oxidante) (es decir, ausencia de condiciones de *oxidación* química y presencia de condiciones de *reducción* química), y donde se forma un producto calentado **222** que incluye bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)].

10 La unidad de procesamiento químico **224**, conectada operativamente a la unidad de calentamiento **220**, es para procesar el producto calentado **222** que incluye bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)] y donde se forma bromo [Br<sub>2</sub>] **226**.

15 En realizaciones de ejemplo de la invención, procesar los residuos sólidos **204** a través de la unidad de entrada de residuos sólidos **206**, la unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido **210**, la unidad de mezcla **216**, la unidad de calentamiento **220** y la unidad de procesamiento químico **224**, da como resultado la recuperación de bromo **226** de los residuos sólidos **204** que contienen los compuestos de bromo.

20 Como se ha descrito anteriormente en el presente documento y se muestra en la figura 1A, en realizaciones de ejemplo de la invención, tal como la realización de ejemplo **100**, el método de recuperación de bromo incluye además la etapa de ejemplo (procedimiento/proceso) **124**, donde hay una operación de control y procesamiento de datos e información asociada con, las etapas del método (procedimientos/procesos) y el equipo relacionado utilizado para realizar: **104** - proporcionar los residuos sólidos que contienen los compuestos de bromo; **108** - suministrar hidróxido de calcio sólido; **112** - mezclar los residuos sólidos y el hidróxido de calcio sólido, formando de este modo una mezcla de los mismos, **116** - calentar la mezcla en un ambiente de reducción química (no oxidante) (es decir, un ambiente sin condiciones de *oxidación* química, y con la presencia de condiciones de *reducción* química), formando de este modo un producto calentado que incluye bromuro de calcio sólido; y **120** - procesar el producto calentado que incluye bromuro de calcio sólido, para formar y obtener el bromo.

30 En consecuencia, como se muestra en la Figura 2, en realizaciones de ejemplo de la invención, tal como la realización de ejemplo **200**, el sistema de recuperación de bromo incluye además una unidad de control de proceso/procesamiento de datos e información **228**, conectado operativamente a, y operación de control y procesamiento de datos de información asociados con las unidades de proceso del sistema de recuperación de bromo (y los componentes del mismo), concretamente, la unidad de entrada de los residuos sólidos **206**, la unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido **210**, la unidad de mezcla **216**, la unidad de calentamiento **220** y la unidad de procesamiento químico **224**. De manera complementaria, en realizaciones de ejemplo, cada una de las unidades de proceso del sistema de recuperación de bromo (y los componentes en las mismas), concretamente, la unidad de entrada de los residuos sólidos **206**, la unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido **210**, la unidad de mezcla **216**, la unidad de calentamiento **220** y la unidad de procesamiento químico **224**, está conectada operativamente a, y controlada por, la unidad de control del proceso/procesamiento de datos e información **228**. Las conexiones y configuraciones operativas entre la unidad de control del proceso/procesamiento de datos e información **226** y cada una de las unidades de proceso del sistema de recuperación de bromo (y los componentes de las mismas) están representadas esquemáticamente por las flechas de la línea discontinua con doble cabeza **230** que rodean a la unidad de control del proceso/procesamiento de datos e información **228**.

45 A continuación se exponen una descripción ilustrativa adicional y detalles de algunas realizaciones del método y algunas realizaciones del sistema para recuperar el bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo. Según sea apropiado, se hace referencia a los dibujos de ejemplo (figuras) de algunas realizaciones de la invención. Por ejemplo, de manera no limitativa, y en algunas realizaciones, tal como la realización de ejemplo **100** (Figuras 1A, 1B) del método de recuperación de bromo y las siguientes etapas de ejemplo (procedimientos/procesos) descritas de forma ilustrativa, subetapas (subprocedimientos/subprocesos) de los mismos, y sus características. Adicionalmente, por ejemplo, de manera no limitativa, y en algunas realizaciones, tal como la realización de ejemplo **200** (FIG. 2) del sistema de recuperación de bromo y los siguientes componentes de ejemplo descritos de forma ilustrativa (unidades, dispositivos, ensamblajes, mecanismos, equipos, estructuras), funcionalidades de los mismos y características de los mismos.

**> proporcionar los residuos sólidos que contienen los compuestos de bromo // unidad de entrada de residuos sólidos**

60 Los residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, por ejemplo, residuos sólidos **204**, son proporcionados por/suministrados desde, por ejemplo, un productor o fabricante comercial de materiales retardantes de llama (fuego) que consiste en materiales retardantes de llama (fuego) a base de bromo. Los materiales retardantes de llama (fuego) basados en bromo están hechos de o a partir de, e incluyen, tipos de compuestos de bromo (orgánicos y/o inorgánicos) o tipos bromados de compuestos (orgánicos y/o inorgánicos). Dichos tipos orgánicos de compuestos de bromo o tipos bromados de compuestos orgánicos (es decir, compuestos de bromo orgánico) se conocen habitualmente y se denominan compuestos retardantes de llama bromados (BFR) o retardantes de llama

bromados (BFR).

En general, los residuos sólidos **204** pueden incluir cualquier número y tipo o clase de compuestos de bromo orgánicos y/o inorgánicos.

5 La unidad de entrada de residuos sólidos **206** incluye el vaso de contención o contenedor (recipiente) **208**, para recibir y contener o incluir los residuos sólidos **204** y desde el cual los residuos sólidos **204** se alimentan o entran (por ejemplo, a través de la línea de transporte químico [de sólidos] **232**) a la unidad de mezcla **216**.

10 **> proporcionar un suministro de hidróxido de calcio sólido // unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido**

15 La unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido **210** incluye el vaso de contención o contenedor (recipiente) **214**, para contener o incluir el hidróxido de calcio sólido [Ca (OH)<sub>2</sub> (sólido)] **212**, y desde el cual se suministra el hidróxido de calcio sólido **212** (por ejemplo, a través de la línea de transporte química [sólidos] **234**) a la unidad de mezcla **216**.

20 En realizaciones de ejemplo, se suministra una cantidad o cuantía de hidróxido de calcio sólido **212** que corresponde al equivalente estequiométrico de la cantidad o cuantía de bromo contenida en los compuestos de bromo de los residuos sólidos **204**. En realizaciones de ejemplo, el equivalente estequiométrico es en términos del equivalente *molar* estequiométrico de la cantidad (molar) o la cantidad de bromo contenida en los compuestos de bromo de los residuos sólidos **204**. Por consiguiente, en realizaciones de ejemplo, se suministra la cantidad o cuantía estequiométrica (molar) del hidróxido de calcio sólido **212** que corresponde al equivalente estequiométrico de la cantidad o cuantía (molar) de bromo contenido en los compuestos de bromo de los residuos sólidos **204**.

25 En realizaciones de ejemplo, una cantidad o cuantía de hidróxido de calcio sólido **212** se suministra a los residuos sólidos **204** de manera tal que la reacción química (que ocurre dentro de la unidad de calentamiento **220**) entre los dos reactivos, hidróxido de calcio sólido **212** y residuos sólidos **204**, va a la finalización completa o casi completa, para formar el bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub>(sal)] **222**, por lo que, la cantidad o cuantía inicial total de cada reactivo se consume completa o casi completamente, al tiempo que no deja ningún exceso de ninguno de los reactivos o este es mínimo, además de formar cantidades mínimas o cantidades de productos secundarios.

30 **> mezclar los residuos sólidos y la unidad de mezcla de hidróxido de calcio sólido //**

35 En realizaciones de ejemplo, inicialmente, los residuos sólidos **204** se alimentan o entran (por ejemplo, a través de la línea de transporte químico [sólidos] **232**) a la unidad de mezcla **216**, y, después, el hidróxido de calcio sólido **212** se suministra (por ejemplo, a través de la línea de transporte química [sólidos] **234**) a la unidad de mezcla **216** (que ya contiene los residuos sólidos **204**). Como alternativa, en realizaciones de ejemplo, inicialmente, el hidróxido de calcio sólido **212** se suministra (por ejemplo, a través de la línea de transporte química [sólidos] **234**) a la unidad de mezcla **216** y, después, los residuos sólidos **204** se alimentan o entran (por ejemplo, a través de la línea de transporte químico [sólidos] **232**) a la unidad de mezcla **216** (que ya contiene el hidróxido de calcio sólido **212**).

40 La unidad de mezcla **216** incluye un dispositivo de mezcla, por ejemplo, el dispositivo de mezcla **236**, para recibir, y luego mezclar, los residuos sólidos **204** y el hidróxido de calcio sólido **212**, y en donde se forma la mezcla **218** de los residuos sólidos **204** y el hidróxido de calcio sólido **212**.

45 En realizaciones de ejemplo, el dispositivo de mezcla **236** está configurado y es operativo para mezclar sólidos, tales como residuos sólidos **204** e hidróxido de calcio sólido **212**. En realizaciones de ejemplo, el dispositivo de mezcla **236** está configurado y es operativo para mezclar polvos, por ejemplo, donde los residuos sólidos **204** o/y el hidróxido de calcio sólido **212** son sólidos en forma de polvo (es decir, sólidos en polvo), por lo que la mezcla **218** formada a partir de ella está en forma de polvo. En realizaciones de ejemplo, el dispositivo de mezcla **236** está configurado y es operativo para mezclar formas no en polvo de los residuos sólidos **204** y/o el hidróxido de calcio sólido **212**, por lo que la mezcla **218** formada a partir de ella está en forma de polvo.

50 En realizaciones de ejemplo, el dispositivo de mezcla **236** incluye uno o más ensamblajes de mezcla, mecanismos de mezcla, y/o elementos de mezcla, tales como agitadores de mezcla y/o impulsores de mezcla, configurados y operativos para asegurar una mezcla uniforme, exhaustiva y completa de residuos sólidos **204** e hidróxido de calcio sólido **212** dentro del dispositivo de mezcla **236**, para formar una mezcla uniforme **218** de los residuos sólidos **204** y el hidróxido de calcio sólido **212**, antes de que la mezcla **218** se alimente (por ejemplo, a través de la línea de transporte de químicos [sólidos] **238**) a la unidad de calentamiento **220**.

55 **> calentamiento de la mezcla de residuos sólidos e hidróxido de calcio sólido // unidad de calentamiento**

60 La mezcla **218** de los residuos sólidos **204** y el hidróxido de calcio sólido **212** se calienta, en un entorno de reducción química (no oxidante) (es decir, ausencia de condiciones de *oxidación* química y presencia de condiciones de *reducción* química), formando de este modo un producto calentado que incluye bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub>(sal)].

La unidad de calentamiento **220**, conectada operativamente a la unidad de mezcla **216**, está configurada y es operativa para calentar la mezcla de los residuos sólidos **204** y el hidróxido de calcio sólido **212**, en ausencia de oxígeno (es decir, ausencia de condiciones de *oxidación* química y presencia de condiciones de *reducción* química). En la unidad de calentamiento **220**, las reacciones químicas tienen lugar en la mezcla **218** entre los residuos sólidos **204** y el hidróxido de calcio sólido **212**, para formar de este modo el bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub>(sal)] **222**.

La unidad de calentamiento **220** incluye un dispositivo de calentamiento, por ejemplo, dispositivo de calentamiento **240**, que incluye, por ejemplo, un ensamblaje de entrada, una cámara de calentamiento y un ensamblaje de salida. En realizaciones de ejemplo, el dispositivo de calentamiento **240** incluye, y/o está conectado operativamente a, y es suministrado calor mediante, uno o más ensamblajes de calentamiento, mecanismos de calentamiento, y/o elementos de calentamiento, en el presente documento, generalmente referido como uno o más calentadores. En realizaciones de ejemplo, el dispositivo de calentamiento **240** está configurado y funciona como un tipo de horno o como un tipo de estufa.

En realizaciones de ejemplo, el dispositivo de calentamiento **240** incluye el ensamblaje de entrada del dispositivo de calentamiento **242**, la cámara de calentamiento **244** y el ensamblaje de salida del dispositivo de calentamiento **246**.

El ensamblaje de entrada del dispositivo de calentamiento **242** está configurado y es operativo para recibir (desde la unidad de mezcla **216** [por ejemplo, a través de la línea de transporte químico [sólidos] **238**], y proporcionar el paso de la mezcla **218** de los residuos sólidos **204** y el hidróxido de calcio sólido **212** en la cámara de calentamiento **244**.

La cámara de calentamiento **244** está configurada y es operativa para recibir (de la unidad de mezcla **216**), mantener o contener y calentar la mezcla **218** de los residuos sólidos **204** y el hidróxido de calcio sólido **212**, que reacciona químicamente y forma el producto calentado **222** (incluido el bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)], así como otros posibles productos de reacción sólidos).

En realizaciones de ejemplo, el dispositivo de calentamiento **240** está configurado y funciona de manera tal que la cámara de calentamiento **244** incluye y/o está operativamente conectada a, y es suministrada calor por, uno o más calentadores (ensamblajes de calentamiento, mecanismos de calentamiento, y/o elementos de calentamiento). Por ejemplo, en la figura 2, el uno o más calentadores están representados esquemáticamente por el par de calentadores referenciados por **248**. Tal como se muestra en el mismo, de manera no limitativa, los calentadores **248** están configurados en el exterior de la cámara de calentamiento **244**. En realizaciones de ejemplo, los calentadores **248** pueden, adicionalmente o como alternativa, estar configurados en el interior de la cámara de calentamiento **244**. En realizaciones de ejemplo, el uno o más calentadores (ensamblajes de calentamiento, mecanismos de calentamiento y/o elementos de calentamiento) son alimentados por electricidad, por ejemplo, como calentadores eléctricos de tipo resistivo.

El ensamblaje de salida del dispositivo de calentamiento **246** está configurado y es operativo para proporcionar el paso del producto calentado formado **222** (incluido el bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)], así como otros posibles productos de reacción sólidos) fuera de la cámara de calentamiento **244**. Para efectuar dicho paso y salida del producto calentado **222** fuera de la cámara de calentamiento **244** del dispositivo de calentamiento **240**, en realizaciones de ejemplo, el ensamblaje de salida del dispositivo de calentamiento **246** incluye, o está conectado operativamente a, una brida de salida. De forma alternativa o adicional, en realizaciones de ejemplo, el ensamblaje de salida del dispositivo de calentamiento **246** incluye, o está conectado operativamente a, un ensamblaje o mecanismo de válvula de salida, por ejemplo, ensamblaje o mecanismo de válvula de salida **262**.

#### Calentamiento de la reacción química, temperatura, condiciones/parámetros de presión, características

En realizaciones de ejemplo, la unidad de calentamiento **220**, en general, y el dispositivo de calentamiento **240** (incluida la cámara de calentamiento **244**) en particular, están configurados y operativos para calentar la mezcla **218** del hidróxido de calcio sólido **212** y los residuos sólidos **204**, en un entorno de reducción química (no oxidante) (ausencia de condiciones de *oxidación* química y presencia de condiciones de *reducción* química), para efectuar la formación del producto calentado que incluye el bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)] **222**.

En realizaciones de ejemplo, la unidad de calentamiento **220**, en general, y el dispositivo de calentamiento **240** (incluyendo la cámara de calentamiento **244**), en particular, están configurados y son operativos para calentar la mezcla **218** del hidróxido de calcio sólido **212** y el residuo sólido **204** a una temperatura relativamente alta, por ejemplo, donde la temperatura de operación (durante el proceso de calentamiento) está en un intervalo de entre aproximadamente 400 °C y aproximadamente 800 °C. En realizaciones de ejemplo, la unidad de calentamiento **220**, en general, y el dispositivo de calentamiento **240**, en particular, están configurados y son operativos para calentar la mezcla **218** del hidróxido de calcio sólido **212** y el residuo sólido **204** a una temperatura de aproximadamente 500 °C. Para efectuar dicho ambiente de calentamiento a una temperatura relativamente alta, en realizaciones de ejemplo, los calentadores **248** (ensamblajes de calentamiento, mecanismos de calentamiento, y/o elementos de calentamiento) están configurados y operativos para suministrar/proporcionar calor a la cámara de calentamiento **244**, durante el proceso de calentamiento, para obtener en el mismo una temperatura de funcionamiento en un intervalo de entre aproximadamente 400 °C y aproximadamente 800 °C, por ejemplo, a una temperatura de

aproximadamente 500 °C.

En realizaciones de ejemplo, la unidad de calentamiento **220**, en general, y el dispositivo de calentamiento **240** (incluyendo la cámara de calentamiento **244**), en particular, están configurados y operativos para proporcionar y mantener un entorno de *reducción* química (es decir, en ausencia de condiciones de *oxidación* química y presencia de condiciones de *reducción* química), durante el proceso de calentamiento, para efectuar la formación del producto calentado que incluye el bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)] **222**. Durante el proceso de calentamiento, se puede formar gas oxígeno, y/o otros posibles gases de tipo oxidante, que, de manera indeseable, podrían proporcionar condiciones de oxidación química dentro de la cámara de calentamiento **244**. Adicionalmente, durante el proceso de calentamiento, también se puede formar bromuro de hidrógeno gaseoso [HBr (gas)]. En la figura 2, los gases formados durante el proceso de calentamiento son generalmente referenciados por los pequeños círculos **250**.

Para proporcionar y mantener un ambiente de *reducción* química (es decir, en ausencia de condiciones de *oxidación* química y presencia de condiciones de *reducción* química), así como para eliminar (ventilar) el bromuro de hidrógeno gaseoso [HBr (gas)], que puede formarse durante el proceso de calentamiento, en realizaciones de ejemplo, la unidad de calentamiento **220**, en general, y el dispositivo de calentamiento **240** (incluyendo la cámara de calentamiento **244**), en particular, están configurados y operativos para eliminar (ventilar) los gases formados durante el proceso de calentamiento. Para efectuar dicha eliminación (ventilación) de gases oxidantes o gases **250**, en realizaciones de ejemplo, la unidad de calentamiento **220**, en general, y el dispositivo de calentamiento **240** (incluyendo la cámara de calentamiento **244**), en particular, incluyen, o/y están conectados operativamente a, uno o más ensamblajes de extracción de gas (ventilación), y/o mecanismos de extracción de gas (ventilación), en el presente documento, en general, se hace referencia a uno o más dispositivos de extracción de gas (ventilación).

Por ejemplo, como se muestra en la Figura 2, la unidad de calentamiento **220** incluye un dispositivo de extracción de gas (ventilación), por ejemplo, dispositivo de extracción de gas (ventilación) **252**, tal como una bomba de vacío, conectado operativamente (por ejemplo, a través de la vía de transporte químico [gas] **254**) a la cámara de calentamiento **244** del dispositivo de calentamiento **240** y configurado para eliminar (ventilar, bombear) los gases **250** formados dentro de la cámara de calentamiento **244** del dispositivo de calentamiento **240** durante el proceso de calentamiento.

En algunas realizaciones de la invención, los gases **250** (incluidos, por ejemplo, bromuro de hidrógeno peligroso [HBr (gas)]) formado dentro de la cámara de calentamiento **244** del dispositivo de calentamiento **240** durante el proceso de calentamiento, y eliminado (ventilado, bombeado), por ejemplo, mediante el dispositivo de extracción de gas (ventilación) **252**, luego se someten a un proceso de limpieza de gases (depuración), por ejemplo, incluyendo el funcionamiento de uno o más ensamblajes de limpieza de gases (depuración), y/o mecanismos de limpieza de gases (depuración), en el presente documento, en general, se hace referencia a uno o más dispositivos de limpieza de gases (depuración). En tales realizaciones de ejemplo, tal como la realización de ejemplo **200**, el sistema de recuperación de bromo está configurado y es operativo para limpiar (depurar) los gases **250** formados dentro de la cámara de calentamiento **244** del dispositivo de calentamiento **240** durante el proceso de calentamiento. En tales realizaciones de ejemplo, por ejemplo, la unidad de calentamiento **220** incluye, o/y está conectada operativamente a, un dispositivo de limpieza de gas (depuración), por ejemplo, depurador de gas **256**. En realizaciones de ejemplo, los gases **250** formados dentro de la cámara de calentamiento **244** del dispositivo de calentamiento **240** durante el proceso de calentamiento, y eliminados (ventilados, bombeados), por ejemplo, mediante el dispositivo de extracción de gas (ventilación) **252**, a continuación son dirigidos, por ejemplo, a través de la línea de transporte químico [gas] **258**, al depurador de gas **256**.

En realizaciones de ejemplo, la unidad de calentamiento **220**, en general, y el dispositivo de calentamiento **240** (incluyendo la cámara de calentamiento **244**), en particular, están configurados y son operativos para calentar la mezcla **218** del hidróxido de calcio sólido **212** y los residuos sólidos **204** a una presión de operación que se encuentra en un intervalo relativamente amplio, por ejemplo, que abarca desde por debajo de la presión atmosférica, por ejemplo, aproximadamente 10,13 kPa (0,1 atm, 76,0 mm Hg), a por encima de la presión atmosférica, por ejemplo, aproximadamente 202,65 kPa (2 atm, 1520 mm Hg). Para efectuar dicho ambiente de calentamiento dentro del intervalo de presión indicado, en realizaciones de ejemplo, el dispositivo de extracción de gas (ventilación) **252** (tal como una bomba de vacío) está configurado y es operativo para eliminar (ventilar, bombear) los gases **250** del interior de la cámara de calentamiento **244**, durante el proceso de calentamiento, para obtener en el mismo una presión de operación en un intervalo de entre aproximadamente 10,13 kPa (0,1 atm, 76,0 mm Hg) y aproximadamente 202,65 kPa (2 atm, 1520 mm Hg).

#### Condiciones/parámetros de transferencia de masa de reacción química, características

En realizaciones de ejemplo, la unidad de calentamiento **220**, en general, y el dispositivo de calentamiento **240** (incluyendo la cámara de calentamiento **244**), en particular, están configurados y son operativos para transferir (transportar, mover) (de forma forzada) la mezcla calentada **218** del hidróxido de calcio sólido **212** y el residuo sólido **204**, y los productos de reacción sólidos **222** (que consisten esencialmente en bromuro de calcio sólido [CaF<sub>2</sub> (sal)], así como cantidades relativamente pequeñas de otros posibles productos de reacción sólidos formados a partir de ellos), durante el proceso de calentamiento (por ejemplo, desde el principio al fin del proceso de calentamiento), a

través del dispositivo de calentamiento **240** (la cámara de calentamiento **244**), desde el ensamblaje de entrada del dispositivo de calentamiento **242**, a través y fuera de la cámara de calentamiento **244**, y hacia y dentro del ensamblaje de salida del dispositivo de calentamiento **246**. Para efectuar dicha transferencia (transporte, movimiento) (forzada) de masa de la mezcla calentada **218** (y los productos de reacción sólidos **222** formados a partir de ella) a través del dispositivo de calentamiento **240** (cámara de calentamiento **244**) durante el proceso de calentamiento, en realizaciones de ejemplo, la unidad de calentamiento **220**, en general, y el dispositivo de calentamiento **240** (incluyendo la cámara de calentamiento **244**), en particular, incluyen uno o más ensamblajes de transferencia de masa forzada, y/o mecanismos de transferencia de masa forzada, en el presente documento, en general, denominados uno o más dispositivos de transferencia de masa forzada.

Por ejemplo, como se muestra en la Figura 2, la unidad de calentamiento **220** incluye un dispositivo de transferencia de masa forzada, por ejemplo, dispositivo de transferencia de masa forzada **260**, incluido como parte de, y ubicado dentro de, el dispositivo de calentamiento **240** (a través del interior de la cámara de calentamiento **244**) y configurado para transferir (transportar, mover) (de forma forzada) la mezcla calentada **218** del hidróxido de calcio sólido **212** y los residuos sólidos **204**, y los productos de reacción sólidos **222** formados a partir de ellos, durante el proceso de calentamiento (por ejemplo, desde el principio al fin del proceso de calentamiento), a través del dispositivo de calentamiento **240** (la cámara de calentamiento **244**), desde el ensamblaje de entrada del dispositivo de calentamiento **242**, a través y fuera de la cámara de calentamiento **244**, y hacia y dentro del ensamblaje de salida del dispositivo de calentamiento **246**. Por ejemplo, en la figura 2, dicha transferencia (transporte, movimiento) de masa forzada de la mezcla calentada **218**, y de los productos de reacción sólidos calentados **222** formados a partir de ella, durante el proceso de calentamiento, a través del dispositivo de calentamiento **240** (la cámara de calentamiento **244**), está representada por las tres flechas de línea discontinua que rodean el dispositivo de transferencia de masa forzada **260**.

En realizaciones de ejemplo, el dispositivo de transferencia de masa forzada **260** incluye uno o más componentes rotables controlables (estructuras, elementos) que están configurados y operativos para rotar de manera controlable, por ejemplo, en forma de un tornillo rotatable controlable o de tipo similarmente configurado geoméricamente y operativo de componente (estructura, elemento) rotatable. En realizaciones de ejemplo del dispositivo de transferencia de masa forzada **260**, cada uno de los uno o más componentes rotables (estructuras, elementos) controlables está configurado y es operativo para rotar donde la velocidad de operación o la velocidad de rotación, durante el proceso de calentamiento (por ejemplo, desde el principio al fin del proceso de calentamiento), está en un intervalo de entre aproximadamente 1 ronda por minuto (rpm) y aproximadamente 30 rondas por minuto (rpm).

En realizaciones de ejemplo del dispositivo de transferencia de masa forzada **260**, el tornillo rotatable de forma controlable o similarmente configurado y el tipo operativo de componente (estructura, elemento) rotatable está hecho de uno o más tipos o tipos de materiales (inertes, no reactivos), por ejemplo, acero inoxidable de alta calidad, que es sustancialmente inerte o no reactivo, y no afecta *químicamente* (es decir, reacciona químicamente con, o causa una reacción química de), la mezcla calentada **218** del hidróxido de calcio sólido **212** y el residuo sólido **204**, o los productos de reacción sólidos calentados **222** formados a partir de ella, durante el proceso de calentamiento. Dicho material o materiales de construcción de ejemplo del tornillo rotatable impiden, o al menos minimizan, posibles reacciones secundarias indeseables y no deseadas que pueden tener lugar durante la transferencia de masa forzada de los diversos contenidos calentados dentro de la cámara de calentamiento **244**.

#### Condiciones/parámetros de tiempo de residencia de la reacción química (cámara de calentamiento), características

Para calentar la mezcla de los residuos sólidos **204** y el hidróxido de calcio sólido **212**, para formar de este modo un producto calentado que incluye bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub>(sal)] **222**, el tiempo total de residencia (período de tiempo) de los reactivos y productos, y, por lo tanto, de la reacción química, dentro de la cámara de calentamiento **244** del dispositivo de calentamiento **240** es una función de varios parámetros y condiciones de operación del proceso. Las condiciones y los parámetros de funcionamiento del proceso de ejemplo son las siguientes.

(i) Condiciones de temperatura y presión dentro del dispositivo de calentamiento **240** (cámara de calentamiento **244**) durante el proceso de calentamiento. El tiempo de residencia de la reacción química (cámara de calentamiento) es una función de la cinética química de las reacciones químicas que tienen lugar durante el calentamiento de la mezcla **218** de los residuos sólidos **204** y el hidróxido de calcio sólido **212** dentro de la cámara de calentamiento **244**. A su vez, la cinética química de las reacciones químicas que tienen lugar dentro de la cámara de calentamiento **244** es una función de la temperatura de operación y la presión de operación durante el proceso de calentamiento.

(ii) Composición química inicial o composición de los residuos sólidos **204**, en términos de la cantidad o proporción relativa inicial de los compuestos de bromo en los residuos sólidos **204**.

(iii) Cantidad o cuantía total (masa, peso, volumen) de la mezcla **218** de los residuos sólidos **204** y el hidróxido de calcio sólido **212** alimentados en el dispositivo de calentamiento **240** (cámara de calentamiento **244**) de la unidad de calentamiento **220**, que, a su vez, se basa en las cantidades o cuantías iniciales (masas, pesos, volúmenes) de los residuos sólidos **204** y del hidróxido de calcio sólido **212** alimentados y suministrados a la unidad de mezcla **216**. Por ejemplo, en realizaciones de ejemplo, la cantidad o cuantía inicial (masa, peso) del hidróxido de calcio sólido **212** alimentado y suministrado a la unidad de mezcla **216** se basa en el suministro de una cantidad

o cuantía de hidróxido de calcio sólido **212** que corresponde al equivalente estequiométrico de la cantidad o cuantía del bromo contenido en los compuestos de bromo de los residuos sólidos **204**.

(iv) Velocidad de transferencia de masa forzada de la mezcla **218** calentada del hidróxido de calcio sólido **212** y los residuos sólidos **204**, y productos de reacción sólidos (que consisten esencialmente en bromuro de calcio sólido) **222** formados a partir de ella, durante el proceso de calentamiento, a través del dispositivo de calentamiento **240** (la cámara de calentamiento **244**), desde el ensamblaje de entrada del dispositivo de calentamiento **242**, a través y fuera de la cámara de calentamiento **244**, y hacia y dentro del ensamblaje de salida del dispositivo de calentamiento **246**. En realizaciones de ejemplo que incluyen el funcionamiento de un dispositivo de transferencia de masa forzada, tal como el dispositivo de transferencia de masa forzada **260**, la velocidad de transferencia de masa forzada de la mezcla calentada **218** y los productos de reacción sólidos **222** durante el proceso de calentamiento, a través de la cámara de calentamiento **244**, es una función directa de la velocidad de operación o la velocidad de rotación de uno o más componentes (estructuras, elementos) rotables de forma controlable del dispositivo de transferencia de masa forzada **260**. En realizaciones de ejemplo, durante el proceso de calentamiento, la velocidad de transferencia de masa forzada de la mezcla calentada **218** afecta a la(s) velocidad(es) de transferencia de calor que tienen lugar dentro de la mezcla calentada **218**, así como en toda la cámara de calentamiento **244**. Esto, a su vez, puede afectar a la cinética química que tiene lugar durante el proceso de calentamiento, que, a su vez, puede afectar al tiempo total de residencia de la reacción química (cámara de calentamiento).

El tiempo de residencia total real de la reacción química observada (cámara de calentamiento) será una función de las condiciones y los parámetros de operación del proceso descritos anteriormente. En realizaciones de ejemplo, para calentar la mezcla de los residuos sólidos **204** y el hidróxido de calcio sólido **212**, para formar de este modo un producto calentado que incluye bromuro de calcio sólido  $[\text{CaBr}_2(\text{sal})]$  **222**, el tiempo de residencia (período de tiempo) de la reacción química (cámara de calentamiento) dentro de la cámara de calentamiento **244** del dispositivo de calentamiento **240** está en un intervalo de entre aproximadamente 20 minutos (min) y aproximadamente 60 minutos (min), por ejemplo, aproximadamente 40 minutos (min).

#### Condiciones/parámetros de salida de la reacción química, características

En realizaciones de ejemplo, el producto calentado **222** (que consiste esencialmente en bromuro de calcio sólido  $[\text{CaBr}_2(\text{sal})]$ ) formado en la unidad de calentamiento **220** durante el proceso de calentamiento, sale de la cámara de calentamiento **244** del dispositivo de calentamiento **240**, pasando a través del ensamblaje de salida del dispositivo de calentamiento **246**. En realizaciones de ejemplo, el producto calentado **222** pasa a través de una brida de salida y luego a través de un ensamblaje o mecanismo de válvula de salida, después de lo cual el producto calentado **222** se recolecta para su posterior procesamiento y/o uso.

Para efectuar dicho paso y salir del bromuro de calcio sólido **222** desde la cámara de calentamiento **244** del dispositivo de calentamiento **240**, en realizaciones de ejemplo, el ensamblaje de salida del dispositivo de calentamiento **246** incluye, o está conectado operativamente a, una brida de salida. De forma alternativa o adicional, en realizaciones de ejemplo, el ensamblaje de salida del dispositivo de calentamiento **246** incluye, o está conectado operativamente a, un ensamblaje o mecanismo de válvula de salida, por ejemplo, ensamblaje o mecanismo de válvula de salida **262**.

En realizaciones de ejemplo, el ensamblaje o mecanismo de la válvula de salida, por ejemplo, ensamblaje o mecanismo de la válvula de salida **262**, está configurado y operativo para abrirse y cerrarse de manera controlable de manera controlada, por ejemplo, de acuerdo con un horario predeterminado de apertura/cierre, para permitir así el paso rápido a través del producto calentado **222** con una entrada mínima de aire de regreso a la cámara de calentamiento **244**. En realizaciones de ejemplo, el ensamblaje o mecanismo **262** de la válvula de salida incluye una válvula de cuchilla y/o una válvula de doble compuerta, que está/están configuradas y son operativas para abrirse y cerrarse de manera controlable de manera controlada, por ejemplo, de acuerdo con un horario predeterminado de apertura/cierre, para permitir así el paso rápido a través del producto calentado **222** con una entrada mínima de aire de regreso a la cámara de calentamiento **244**.

Tras el proceso de calentamiento, por ejemplo, después de salir de la unidad de calentamiento **220**, por ejemplo, a través del ensamblaje de salida **246** del dispositivo de calentamiento y pasando a través del ensamblaje o mecanismo de la válvula de salida **262**, el producto calentado **222** (caliente) que incluye bromuro de calcio sólido  $[\text{CaBr}_2(\text{sal})]$  se transfiere (por ejemplo, a través de la línea de transporte químico [sólidos] **264**) y se recoge, por ejemplo, en un vaso o recipiente recogida de productos **266**. En realizaciones de ejemplo, el producto calentado (caliente) recolectado **222** que incluye bromuro de calcio sólido  $[\text{CaBr}_2(\text{sal})]$  se deja enfriar a temperatura ambiente al aire ambiental. Tras enfriar, el producto calentado (caliente) recolectado **222** (enfriado) que incluye bromuro de calcio sólido  $[\text{CaBr}_2(\text{sal})]$  puede almacenarse para uso futuro, y/o someterse a su posterior procesamiento y uso. Como alternativa, en realizaciones de ejemplo, producto calentado (caliente) recolectado **222** que incluye bromuro de calcio sólido  $[\text{CaBr}_2(\text{sal})]$ , mientras todavía está caliente, es sometido directamente a un procesamiento posterior, por ejemplo, como se ha descrito de forma ilustrativa anteriormente en el presente documento, mediante las etapas (procedimientos/procesos) **130** y **134** de ejemplo y/o mediante las etapas (procedimientos/procesos) **138** y **142** de ejemplo, por ejemplo, como se presenta en la figura 1B.

Características del producto de reacción química

Como se ha indicado anteriormente en el presente documento, en realizaciones de ejemplo, se suministra una cantidad o cuantía de hidróxido de calcio sólido **212** (en un equivalente estequiométrico) a los residuos sólidos **204** de manera que se produzca una reacción química (que se produce dentro de la unidad de calentamiento **220**) entre los dos reactivos, hidróxido de calcio sólido **212** y residuos sólidos **204**, va a la finalización completa o casi completa, para formar el producto calentado **222** que consiste esencialmente en bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)], por lo que, esencialmente la totalidad de la cantidad o cuantía inicial de cada reactivo se consume esencialmente en su totalidad, sin dejar esencialmente ningún exceso de reactivo, así como sin formar esencialmente producto secundario alguno. En consecuencia, en realizaciones de ejemplo, al finalizar el proceso de calentamiento, el perfil/distribución del producto de reacción química del producto calentado **222** consiste esencialmente en bromuro de calcio sólido (casi **100** %) [blanco] [CaBr<sub>2</sub> (sal)]. Esencialmente, todos los compuestos de bromo presentes en los residuos sólidos **204** provistos inicialmente reaccionaron con el hidróxido de calcio sólido suministrado inicialmente [Ca(OH)<sub>2</sub>] **212**, para formar el producto de bromuro de calcio sólido (blanco) [CaBr<sub>2</sub> (sal)].

En realizaciones de ejemplo, el proceso de recuperación de bromo produce una cantidad relativamente pequeña de residuos. Por ejemplo, al finalizar el proceso de calentamiento, el único residuo producido es una cantidad relativamente pequeña de agua condensada que se forma dentro del dispositivo de extracción de gas (ventilación), por ejemplo, el dispositivo de extracción de gas (ventilación) **252** (bomba de vacío), que eliminó (ventiló, bombeó) los gases **250** formados dentro de la cámara de calentamiento **244** del dispositivo de calentamiento **240** durante el proceso de calentamiento. Dicho condensado de agua puede contener una cantidad relativamente pequeña de sal(es) además de bromuro de calcio [CaBr<sub>2</sub> (sal)], y también puede contener una cantidad relativamente pequeña de bromuro de hidrógeno en fase líquida (ácido bromhídrico) [HBr (líquido)]. En realizaciones de ejemplo, dicho condensado de agua representa menos de aproximadamente el 5 % (peso/peso) de la cantidad total de la mezcla **218** (residuos sólidos **204** + hidróxido de calcio sólido **212**) que ingresa a la cámara de calentamiento **244** de la unidad de calentamiento **220**. En consecuencia, el proceso de recuperación de bromo es relativamente altamente eficiente en términos de producir cantidades relativamente pequeñas de residuos y/o productos secundarios.

> procesamiento de bromuro de calcio sólido // unidad de procesamiento químico

Como se muestra en la figura 2, en realizaciones de ejemplo, parte, o la totalidad, del producto calentado recogido (y enfriado o aún caliente) que incluye bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)] **222** se somete a un procesamiento adicional, por ejemplo, por una unidad de procesamiento químico, por ejemplo, la unidad de procesamiento químico **224**. En realizaciones de ejemplo, la unidad de procesamiento químico **224** está conectada operativamente (por ejemplo, a través del vaso o recipiente de recolección de producto **266** y la línea de transporte químico [sólidos] **268**) a la unidad de calentamiento **220** y se utiliza para procesar el producto calentado recolectado **222**, para formar de este modo bromo [Br<sub>2</sub>] **226**.

De nuevo se hace referencia a la figura 1B, un diagrama de flujo de etapas de ejemplo (procedimientos/procesos) del método de recuperación de bromo (procedimiento/proceso) **120** de procesar el producto calentado que incluye bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)] **222**, por ejemplo, como se formó a través de la realización de ejemplo **100** del método para recuperar bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo presentados en la figura 1A.

En realizaciones de ejemplo del método de recuperación de bromo, la etapa (procedimiento/proceso) **120** de procesar el producto calentado (enfriado o caliente) que incluye bromuro de calcio sólido puede incluir etapas de ejemplo (procedimientos/procesos) **130** y **134**, por ejemplo, como se presenta en la figura 1B. En **130**, se disuelve el producto **222** calentado (de bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)]) en agua, formando de este modo una solución acuosa de bromuro de calcio [CaBr<sub>2</sub> (sal acuosa)]. En **134**, se somete la solución acuosa de bromuro de calcio a un procedimiento de separación, separando de este modo y obteniendo el bromo [Br<sub>2</sub>] **226**.

En realizaciones de ejemplo, la etapa (procedimiento/proceso) **120** de procesar el producto calentado (enfriado o caliente) (de bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)]) **222**, en lugar de (es decir, como alternativa a), o, además de (es decir, por separado, en paralelo o concurrentemente), incluyendo los etapas (procedimientos/procesos) **130** y **134**, puede incluir las etapas de ejemplo (procedimientos/procesos) **138** y **142**, por ejemplo, como se presenta en la figura 1B. En **138**, se calienta el producto **222** calentado (enfriado o caliente) (de bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)]) en presencia de oxígeno, formando de este modo óxido de calcio sólido [CaO (sólido)] y bromo gaseoso [Br<sub>2</sub> (gas)] **226**. En **142**, se condensa el bromo gaseoso, formando de este modo bromo líquido [Br<sub>2</sub> (líquido)] **226**.

En realizaciones de ejemplo del sistema de recuperación de bromo, tal como la realización de ejemplo **200** mostrada en la figura 2, la unidad de procesamiento químico **224** está configurada y es operativa para realizar las etapas de ejemplo (procedimientos/procesos) de la etapa del método de recuperación de bromo (procedimiento/proceso) **120** de procesar el producto calentado (de bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)] **222**, para formar y obtener el bromo [Br<sub>2</sub>] **226**.

Por ejemplo, la unidad de procesamiento químico **224** incluye el equipo y los aparatos necesarios para disolver el

producto calentado (enfriado o caliente) (de bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)]) **222** en agua, formando de este modo una solución acuosa de bromuro de calcio [CaBr<sub>2</sub> (sal acuosa)], así como para someter la solución acuosa de bromuro de calcio a un procedimiento de separación, por ejemplo, que implica precipitación, destilación y/o extracción, entre otros posibles procedimientos de separación, separando de este modo y obteniendo el bromo [Br<sub>2</sub>]

5 **226**. De forma alternativa o adicional, por ejemplo, la unidad de procesamiento químico **224** incluye el equipo y los aparatos necesarios para calentar el producto calentado (enfriado o caliente) (de bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)]) **222** en presencia de oxígeno, formando de este modo óxido de calcio sólido [CaO (sólido)] y bromo gaseoso [Br<sub>2</sub> (gas)] **226**, así como condensar el bromo gaseoso, formando de este modo bromo líquido [Br<sub>2</sub> (líquido)] **226**.

10 **> operación de control y procesamiento de la información y los datos asociada con el método y el sistema // unidad de control del proceso/ procesamiento de datos e información**

En realizaciones de ejemplo de la invención, tal como la realización de ejemplo **100** del método de recuperación de bromo presentado en las figuras 1A y 1B, y tal como la realización de ejemplo **200** del sistema de recuperación de bromo presentado en la figura 2, a través de la unidad de control de proceso/procesamiento de datos e información **228**, hay una operación de control y procesamiento de datos e información asociada con, las etapas del método (procedimientos/procesos) y el equipo relacionado utilizado para realizar: proporcionar los residuos sólidos **204** que contienen los compuestos de bromo, proporcionar un suministro de hidróxido de calcio sólido **212**, mezclar los residuos sólidos **204** y el hidróxido de calcio sólido **212**, formar de este modo una mezcla **218** de los mismos, calentar la mezcla **218** en un entorno de reducción química (no oxidante) (es decir, un entorno sin condiciones de oxidación química y con la presencia de condiciones de *reducción* química), formando de este modo un producto calentado **222** que incluye bromuro de calcio sólido, procesar el producto calentado **222** que incluye bromuro de calcio sólido, para formar bromo **226**.

En la figura 1A, dicho control y procesamiento de los etapas del método de recuperación de bromo (procedimientos/procesos), y el equipo relacionado utilizado para realizarlos, están representados esquemáticamente por la línea discontinua **126** que se extiende desde **124** y se conecta a las líneas discontinuas **126a**, **126b**, **126c**, **126d** y **126e**, extendiéndose desde las respectivas etapas del método (procedimientos/procesos) **104**, **108**, **112**, **116** y **120**. En la figura 2, dicho control y procesamiento de las etapas del método de recuperación de bromo (procedimientos/procesos), y el equipo relacionado utilizado para realizarlos, así como las conexiones y configuraciones operativas entre la unidad de control del proceso/procesamiento de datos e información **226** y cada una de las otras unidades de proceso del sistema de recuperación de bromo (y sus componentes), concretamente, la unidad de entrada de los residuos sólidos **206**, la unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido **210**, la unidad de mezcla **216**, la unidad de calentamiento **220** y la unidad de procesamiento químico **224**, están representadas esquemáticamente por las flechas de línea discontinua de doble cabeza 230 que rodean la unidad de control de proceso/procesamiento de datos e información **228**.

En realizaciones de ejemplo, tal como la realización de ejemplo **200**, el sistema de recuperación de bromo, en general, y la unidad de control de proceso/procesamiento de datos e información **228**, en particular, incluye el funcionamiento automático eléctrico y/o electrónico, controlar y monitorizar (medir) los numerosos parámetros operativos y condiciones de las unidades de proceso del sistema, los componentes, los ensamblajes, los mecanismos y las conexiones operativas.

En realizaciones de ejemplo, la entrada/salida eléctrica y/o electrónica, la transmisión y recepción de realimentación y retroalimentación de datos de control eléctricos o electrónicos, la información y el comando, las señales de comunicación entre las unidades de proceso del sistema, los componentes y los ensamblajes, los mecanismos y los equipos de alimentación y control de procesos se proporcionan mediante datos de control de entrada/salida eléctricos y/o inalámbricos (cableados y/o inalámbricos), la información y el comando, las líneas de comunicación, que pueden incluir, por ejemplo, cables, paquetes, y/o buses de cables.

En realizaciones de ejemplo, las conexiones y configuraciones operativas entre la unidad control del proceso/procesamiento de datos e información **228** y cada una de las otras unidades de proceso del sistema (y sus componentes), concretamente, la unidad de entrada de los residuos sólidos **206**, la unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido **210**, la unidad de mezcla **216**, la unidad de calentamiento **220** y la unidad de procesamiento químico **224**, están en forma de una red eléctrica y/o electrónica (cableada y/o inalámbrica) de líneas de comunicación de señales de control de entrada/salida datos-información, por ejemplo, en la figura 2, también representada por flechas de línea discontinua de doble cabeza **230**.

60 **Características adicionales estructurales, funcionales y operativas de ejemplo de las unidades de proceso del sistema y sus componentes**

A continuación se describen características estructurales, funcionales y operativas adicionales de algunas realizaciones del sistema de recuperación de bromo, tal como la realización de ejemplo **200** mostrada en la figura 2. Estas se relacionan con las diversas unidades de proceso del sistema (y sus componentes), concretamente, la unidad de entrada de los residuos sólidos **206**, la unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido **210**, la unidad de mezcla **216**, la unidad de calentamiento **220**, y la unidad de procesamiento químico **224**, y las numerosas

conexiones operativas entre ellas.

En realizaciones de ejemplo, una o más de las unidades de proceso, componentes, ensamblajes y/o mecanismos, puede incluir su propio suministro de energía (local) y equipo de control de proceso (local), por lo que, por ejemplo, dicha fuente de alimentación localizada y el equipo de control de procesos están conectados operativamente y configurados para operar en ensamblaje con, la unidad de control del proceso/procesamiento de datos e información **228**. Como alternativa, una o más de las unidades de proceso, componentes, ensamblajes y/o mecanismos, pueden estar directamente conectadas operativamente a una fuente de alimentación centralizada (global), por ejemplo, que está conectada operativamente a, o asociada con, la unidad de control del proceso centralizada (global)/procesamiento de datos e información **228**.

En realizaciones de ejemplo, tal fuente de alimentación es un tipo multifuncional, multioperacional de suministro de energía configurado para suministrar energía de acuerdo con cualquiera de los diferentes tipos de configuraciones de energía espacial y/o temporal, modos, formatos, esquemas y programas, que implican un suministro síncrono, en serie (secuencial), periódico, no periódico, o asíncrono de energía en forma de corriente y tensión continua y/o alterna, a las unidades de proceso del sistema, los componentes, los ensamblajes, los mecanismos, del sistema de recuperación de bromo. Dicha fuente de alimentación está configurada para funcionar en ensamblaje con la unidad de control del proceso/procesamiento de datos e información **228**.

En realizaciones de ejemplo, el sistema de recuperación de bromo incluye sólidos apropiados o/y equipo de transferencia de fluido (masa), tales como conductos, tubos, elementos de conexión, adaptadores, accesorios, bombas, válvulas, respiraderos, ventiladores, interruptores, y dispositivos de control, medida, detección y medición del flujo (masa) del fluido, tales como controladores de flujo de fluidos y/o sólidos (masa), medidores y sensores, así como mecanismos asociados, ensamblajes, componentes, y elementos de los mismos, que están hechos de materiales adecuados, para habilitar completamente las unidades de proceso del sistema, los componentes y los ensamblajes, para realizar las funciones y operaciones descritas ilustrativamente en el presente documento.

En realizaciones de ejemplo, El sistema de recuperación de bromo incluye equipos de calentamiento y transferencia de calor apropiados, tales como calentadores, camisas de calentamiento, elementos de calentamiento, aislamiento, conductos, tubos, elementos de conexión, adaptadores, accesorios, válvulas, respiraderos, ventiladores, interruptores, y dispositivos de control, detección y medición del calor (temperatura), tales como controladores de temperatura, sensores y termopares, así como mecanismos asociados, ensamblajes, componentes, y elementos de los mismos, que están hechos de materiales adecuados, para habilitar completamente las unidades de proceso del sistema, los componentes y los ensamblajes, para realizar las funciones y operaciones descritas ilustrativamente en el presente documento.

Otro aspecto de algunas realizaciones de la presente invención es un método para fabricar bromuro de calcio sólido a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo.

La figura 3 es un diagrama de flujo de una realización de ejemplo (indicada como, y referida por, el número de referencia **300**), incluyendo las etapas de ejemplo (procedimientos/procesos) de ejemplo de los mismos, de un método para fabricar bromuro de calcio sólido [ $\text{CaBr}_2$  (sal)] a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo. En el presente documento, la realización de ejemplo **300** del método para fabricar bromuro de calcio sólido [ $\text{CaBr}_2$  (sal)] a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo también se conoce como método de fabricación de bromuro de calcio sólido **300**.

Como se muestra en la figura 3, de manera no limitativa, y en algunas realizaciones, tal como la realización de ejemplo **300**, el método de fabricación de bromuro de calcio sólido incluye las siguientes etapas (procedimientos/procesos) de ejemplo.

En **304**, se proporciona el residuo sólido que contiene los compuestos de bromo.

En **308**, se proporciona un suministro de hidróxido de calcio sólido [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (sólido)],

En **312**, se mezclan los residuos sólidos y el hidróxido de calcio sólido, formando de este modo una mezcla de los mismos.

En **316**, se calienta la mezcla en un ambiente de reducción química (no oxidante) (es decir, un ambiente sin condiciones de *oxidación* química y con la presencia de condiciones de *reducción* química), para formar bromuro de calcio sólido [ $\text{CaBr}_2$ (sal)].

En realizaciones de ejemplo de la invención, la realización de las etapas de ejemplo (procedimientos/procesos) **304**, **308**, **312** y **316**, da como resultado la fabricación de bromuro de calcio sólido a partir de los residuos sólidos que contienen los compuestos de bromo.

En realizaciones de ejemplo, el método de fabricación de bromuro de calcio sólido 300 adicionalmente incluye la

etapa (procedimiento/proceso) de ejemplo **320**, donde hay una operación de control y procesamiento de información y datos asociada con, las etapas del método (procedimientos/procesos) **304**, **308**, **312** y **316**, y equipos relacionados utilizados para su realización. Más específicamente, en **320**, hay una operación de control y procesamiento de datos e información asociada con, las etapas del método (procedimientos/procesos) y el equipo relacionado utilizado para

5 realizar: **304** - proporcionar los residuos sólidos que contienen los compuestos de bromo; **308** - proporcionar un suministro de hidróxido de calcio sólido; **312** - mezclar los residuos sólidos y el hidróxido de calcio sólido, formando de este modo una mezcla de los mismos; y **316** - calentar la mezcla en un ambiente de reducción química (no oxidante), para formar bromuro de calcio sólido. En la figura 3, dichas etapas de control y procesamiento del método de fabricación **300** de bromuro de calcio sólido (procedimientos/procesos), y el equipo relacionado utilizado para

10 realizarlas, están representados esquemáticamente por la línea discontinua **322** que se extiende desde **320** y se conecta a las líneas discontinuas **322a**, **322b**, **322c** y **322d**, extendiéndose desde las respectivas etapas del método (procedimientos/procesos) **304**, **308**, **312** y **316**.

Otro aspecto de algunas realizaciones de la presente invención es un sistema para fabricar bromuro de calcio sólido

15 a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo.

El sistema para fabricar bromuro de calcio sólido a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, de manera no limitativa, y en algunas realizaciones, incluye: una unidad de entrada de residuos sólidos, una unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido, una unidad de mezcla y una unidad de calentamiento. En algunas

20 realizaciones, el sistema de fabricación de bromuro de calcio incluye además una unidad de control de proceso/procesamiento de datos e información.

La realización de ejemplo **200** del sistema mostrado en la figura 2, es, de manera no limitativa, adecuada para implementar algunas realizaciones del método para fabricar bromuro de calcio sólido a partir de residuos sólidos que

25 contienen compuestos de bromo, tal como la realización de ejemplo **300** del método de fabricación de bromuro de calcio sólido presentado en la figura 3. De forma similar, la realización de ejemplo **300** del método presentado en la figura 3, es, de manera no limitativa, adecuada para implementar algunas realizaciones del sistema para fabricar bromuro de calcio sólido a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, tal como la realización de

30 ejemplo **200** de un sistema de fabricación de bromuro de calcio sólido presentado en la figura 2. En el presente documento, la realización de ejemplo **200** de un sistema para fabricar bromuro de calcio sólido a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo también se conoce como el sistema de fabricación de bromuro de calcio sólido.

En lo que antecede, se incluyen una descripción ilustrativa adicional y detalles de algunas realizaciones del método y

35 algunas realizaciones del sistema, para recuperar el bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, por ejemplo, como se presenta en las figuras 1A y 2, son igualmente aplicables para implementar y practicar algunas realizaciones de ejemplo de un método y sistema para fabricar bromuro de calcio sólido a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, por ejemplo, como se presenta en las figuras 3 y 2, respectivamente.

40

Una diferencia particular se refiere al método y sistema de recuperación de bromo que incluyen la etapa de ejemplo (procedimiento/proceso) **120** de procesar el producto calentado que incluye bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)], por ejemplo, a través de la unidad de procesamiento químico **224**, para formar bromo [Br<sub>2</sub>]. Dicha etapa (procedimiento/proceso) de ejemplo de formación de bromo es innecesaria en realizaciones de ejemplo del método y

45 sistema de fabricación de bromuro de calcio sólido, dado que la etapa de ejemplo (procedimiento/proceso) **316** de calentar la mezcla (de residuos sólidos e hidróxido de calcio sólido), por ejemplo, a través de la unidad de calentamiento **220**, en un ambiente químico reductor (no oxidante), da como resultado la formación del producto de reacción (fabricado) deseado, concretamente, bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub>(sal)].

50 Similar a algunas realizaciones del proceso de recuperación de bromo, algunas realizaciones del proceso de fabricación de bromuro de calcio sólido son altamente eficientes en términos de producir cantidades relativamente pequeñas de residuos y/o productos secundarios.

En realizaciones de ejemplo del método y sistema de fabricación de bromuro de calcio, por ejemplo, tal como se muestra en las figuras 2 y 3, siguiendo el proceso de calentamiento, por ejemplo, a través del ensamblaje de salida

55 **246** del dispositivo de calentamiento y pasando a través del ensamblaje o mecanismo de la válvula de salida **262**, el producto **222** de bromuro de calcio sólido [caliente] [CaBr<sub>2</sub> (sal)] se transfiere (por ejemplo, a través de la línea de transporte química [sólidos] **264**) y se recoge, por ejemplo, en un vaso o recipiente recogida de productos **266**. En realizaciones de ejemplo, el producto **222** de bromuro de calcio sólido [caliente] [CaBr<sub>2</sub> (sal)] se deja enfriar a temperatura ambiente al aire ambiental. Tras enfriar, el producto **222** de bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)]

60 recogido (enfriado) se puede almacenar para uso futuro.

Por ejemplo, el producto **222** de bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)] recolectado se puede usar como reactivo químico en numerosos tipos y tipos diferentes de reacciones químicas y procesos de fabricación comercial. Otro uso

65 a modo de ejemplo consiste en disolver el producto **222** de bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub> (sal)] recogido en agua, para formar de este modo una solución acuosa de bromuro de calcio [CaBr<sub>2</sub> (sal acuosa)], que puede usarse en

fluidos de perforación comercial. El producto **222** bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub>(sal)] comercial, ya sea "como tal" en forma de sal sólida o en forma de solución acuosa, también se puede utilizar en una amplia variedad de aplicaciones, por ejemplo, en el campo médico (como un ingrediente en medicinas/medicamentos), en la industria alimentaria (como un ingrediente en alimentos, por ejemplo, como conservante de alimentos), aplicaciones  
5 fotografías, y en el campo de la prevención de incendios (por ejemplo, como un retardante de llama (fuego), o como un ingrediente en materiales retardantes de llama (fuego).

Realizaciones adicionales, implementaciones, prácticas y sus aplicaciones

10 Realizaciones adicionales, implementaciones, prácticas, y aplicaciones, de la invención son los siguientes.

De manera no limitativa, algunas realizaciones de la invención pueden ser adecuadas para recuperar otros tipos de halógenos a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de tales halógenos (es decir, compuestos orgánicos y/o compuestos inorgánicos halogenados).

15 Por ejemplo, ya que el bromo [Br<sub>2</sub>] es un miembro del grupo de elementos halógenos, algunas realizaciones de la invención pueden ser adecuadas para recuperar otros halógenos, tales como flúor [F<sub>2</sub>], cloro [Cl<sub>2</sub>], y/o yodo [I<sub>2</sub>], a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de tales halógenos, por separado o en combinación.

20 Adicionalmente, de manera no limitativa, ya que el calcio [Ca] es un miembro del grupo de elementos alcalinotérreos, algunas realizaciones de la invención pueden ser adecuadas para fabricar otros tipos de sales de bromo de tipo alcalinotérreo (bromuros de alcalinotérreos), por separado o en combinación.

25 Por ejemplo, en lo que antecede se describen ilustrativamente realizaciones de ejemplo de la invención que implican el uso de la forma de hidróxido sólido del calcio alcalinotérreo, concretamente, hidróxido de calcio sólido [Ca(OH)<sub>2</sub> (sólido)] (cal), por mezclarse con los residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, para formar la sal de bromuro de tierra alcalina (calcio), concretamente, bromuro de calcio sólido [CaBr<sub>2</sub>(sal)]. Realizaciones de ejemplo de la invención pueden implementarse o ponerse en práctica usando la forma de hidróxido sólido de otros elementos alcalinotérreos, tales hidróxido de berilio sólido [Mg(OH)<sub>2</sub> (sólido)], hidróxido de magnesio sólido [Mg(OH)<sub>2</sub>(sólido)],  
30 hidróxido de estroncio sólido [Sr(OH)<sub>2</sub>+ (sólido)], y/o hidróxido de bario sólido [Ba(OH)<sub>2</sub> (sólido)], para mezclar con los residuos sólidos, para formar la sal de bromuro alcalinotérreo respectiva, concretamente, bromuro de berilio [BeBr<sub>2</sub>(sal)], bromuro de magnesio [MgBr<sub>2</sub>(sólido)], bromuro de estroncio [SrBr<sub>2</sub>(sólido)], y/o bromuro de bario [BaBr<sub>2</sub> (sólido)].

35 Cada uno de los siguientes términos escritos en forma gramatical singular: "uno/uno", "una" y "el/la", como se usa en el presente documento, significa "al menos uno" o "uno o más". El uso de la frase "uno o más" en el presente documento no altera el significado de "un/uno", "una" o "el/la". En consecuencia, los términos "un/uno" "una" y "el/la", como se usa en el presente documento, también puede referirse, y abarcar, una pluralidad de la entidad u objeto indicado, *a menos que se defina o indique lo contrario específicamente en el presente documento, o a menos que el*  
40 *contexto estipule claramente otra cosa*. Por ejemplo, las frases: "una unidad" "un dispositivo", "un ensamblaje", "un mecanismo", "un componente", "un elemento" y "una etapa o procedimiento", como se usa en el presente documento, también puede referirse, y abarcar, una pluralidad de unidades, una pluralidad de dispositivos, una pluralidad de ensamblajes, una pluralidad de mecanismos, una pluralidad de componentes, una pluralidad de elementos, y, una pluralidad de etapas o procedimientos, respectivamente.

45 Cada uno de los siguientes términos: "incluye" "que incluyen", "tiene", "que tienen", "comprende" y "que comprende", y sus variantes lingüísticas/gramaticales, derivados, y/o conjugados, como se usa en el presente documento, significa "que incluye, pero sin limitaciones" y debe tomarse como que especifica el o los componentes indicados, rasgos, características, parámetros, partes o etapas y no excluye la adición de uno o más componentes adicionales,  
50 rasgos, características, parámetros, partes, etapas o grupos de los mismos. Cada uno de estos términos se considera equivalente en significado a la frase "que consiste esencialmente en".

Cada una de las frases "consiste en" y "consiste en" como se usa en el presente documento, significa "incluidos y limitados a".

55 La frase "que consiste esencialmente en", como se usa en el presente documento, significa que la entidad o elemento indicado (sistema, unidad del sistema, subunidad del sistema, dispositivo, ensamblaje, subensamblaje, mecanismo, estructura, componente, elemento o equipamiento periférico, utilidad, accesorio o material, método o proceso, etapa o procedimiento, subetapa o subprocedimiento), que es una totalidad o parte de una realización de ejemplo de la invención desvelada y/o que se usa para implementar una realización de ejemplo de la invención desvelada, puede incluir al menos un "rasgo o característica" adicional" siendo unidad del sistema, subunidad del sistema, dispositivo, ensamblaje, subensamblaje, mecanismo, estructura, componente o elemento, o, equipamiento periférico, utilidad, accesorio o material, etapa o procedimiento, subetapa o subprocedimiento), pero solo si cada  
60 "rasgo o característica" adicional no altera materialmente las características innovadoras y novedosas básicas o las características técnicas especiales, de la entidad o elemento reivindicado.

65

El término "método", como se usa en el presente documento, se refiere a las etapas, procedimientos, maneras, medios y/o técnicas, para llevar a cabo una tarea dada, incluyendo, aunque sin limitaciones, las etapas, procedimientos, maneras, medios y/o técnicas, bien conocidos, o fácilmente desarrollado a partir de etapas, procedimientos, maneras, medios y/o técnicas conocidos, por los profesionales en los campos relevantes de la invención desvelada.

A lo largo de la presente divulgación, un valor numérico de un parámetro, rasgo, característica, objeto o dimensión, se puede establecer o describir en términos de un formato de intervalo numérico. Tal formato de intervalo numérico, como se usa en el presente documento, ilustra la implementación de algunas realizaciones de ejemplo de la invención, y no limita inflexiblemente el alcance de las realizaciones de ejemplo de la invención. En consecuencia, un intervalo numérico establecido o descrito también se refiere a, y abarca, todos los subintervalos posibles y valores numéricos individuales (donde un valor numérico puede expresarse como un todo, número entero o fraccional) dentro de ese intervalo numérico establecido o descrito. Por ejemplo, un intervalo numérico declarado o descrito "de 1 a 6" también se refiere a, y abarca, todos los subintervalos posibles, tal como "de 1 a 3", "de 1 a 4", "de 1 a 5", "de 2 a 4", "de 2 a 6", "de 3 a 6", etc., y valores numéricos individuales, tal como "1", "1,3", "2", "2,8", "3", "3,5", "4", "4,6", "5", "5,2," y "6", dentro del intervalo numérico indicado o descrito de "de 1 a 6". Esto se aplica independientemente de la amplitud numérica, extensión, o tamaño, del intervalo numérico establecido o descrito.

Además, para indicar o describir un intervalo numérico, la frase "en un intervalo de entre aproximadamente un primer valor numérico y aproximadamente un segundo valor numérico", se considera equivalente a, y significa lo mismo que, la frase "en un intervalo desde aproximadamente un primer valor numérico hasta aproximadamente un segundo valor numérico", y por tanto, las dos frases de significado equivalente pueden usarse indistintamente. Por ejemplo, para indicar o describir el intervalo numérico de la temperatura ambiente, la frase "temperatura ambiente" se refiere a una temperatura en un intervalo de entre aproximadamente 20 °C y aproximadamente 25 °C", y se considera equivalente a, y significa lo mismo que, la frase "temperatura ambiente" se refiere a una temperatura en el intervalo de aproximadamente 20 °C a aproximadamente 25 °C".

El término "aproximadamente", como se usa en el presente documento, se refiere a  $\pm 10\%$  del valor numérico indicado.

Debe entenderse que ciertos aspectos, características y rasgos de la invención, que son, para mayor claridad, ilustradas y presentadas de manera ilustrativa en el contexto o formato de una pluralidad de realizaciones separadas, también se puede describir y presentar ilustrativamente en cualquier combinación o subcombinación adecuada en el contexto o formato de una única realización. Por el contrario, varios aspectos, características y rasgos de la invención que se describen y presentan ilustrativamente en combinación o subcombinación en el contexto o formato de una única realización, también se puede describir y presentar ilustrativamente en el contexto o formato de una pluralidad de realizaciones separadas.

Aunque la invención se ha descrito y presentado de manera ilustrativa a modo de realizaciones de ejemplo específicas, y ejemplos de la misma, es evidente que muchas alternativas, modificaciones y/o variaciones, de los mismos, como será evidente para los expertos en la materia.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para recuperar bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, comprendiendo el método:
  - 5 proporcionar los residuos sólidos que contienen los compuestos de bromo;
  - proporcionar un suministro de hidróxido de calcio sólido;
  - mezclar los residuos sólidos y dicho hidróxido de calcio sólido, formando de este modo una mezcla de los mismos;
  - 10 calentar la mezcla en un ambiente de reducción química, no oxidante, para formar un producto calentado que comprende bromuro de calcio sólido; y
  - procesar dicho producto calentado, para formar bromo.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende suministrar una cantidad de dicho hidróxido de calcio sólido correspondiente al equivalente estequiométrico de la cantidad de bromo contenida en los compuestos de bromo de los residuos sólidos proporcionados.
3. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, donde dicho calentamiento se realiza con una temperatura de funcionamiento en un intervalo de entre aproximadamente 400 °C y aproximadamente 800 °C.
- 20 4. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde dicho calentamiento se realiza con una presión de operación en un intervalo de entre aproximadamente 10,13 kPa (0,1 atm, 76,0 mm Hg) y aproximadamente 202,65 kPa (2 atm, 1520 mm Hg).
- 25 5. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde dicho calentamiento incluye transferir de forma forzada y mover dicha mezcla calentada y dicho producto calentado formado a partir de él, desde el principio al fin de dicho calentamiento.
- 30 6. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde dicho calentamiento se realiza con un tiempo de residencia de reacción química en un intervalo de entre aproximadamente 20 minutos (min) y aproximadamente 60 minutos (min).
7. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde dicho procesamiento incluye disolver dicho producto calentado de bromuro de calcio sólido en agua, formando de este modo una solución acuosa de bromuro de calcio.
- 35 8. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde dicho procesamiento incluye calentar dicho producto calentado de bromuro de calcio sólido en presencia de oxígeno, formando de este modo óxido de calcio sólido y bromo gaseoso.
- 40 9. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además controlar el funcionamiento y el procesamiento de la información y datos asociada con, dicho proporcionar los residuos sólidos, dicho proporcionar dicho suministro de hidróxido de calcio sólido, dicha mezcla y dicho calentamiento, a través de una unidad de control de procesos/procesamiento de datos de información.
- 45 10. Un método para fabricar bromo de calcio sólido a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, comprendiendo el método:
  - 50 proporcionar los residuos sólidos que contienen los compuestos de bromo;
  - proporcionar un suministro de hidróxido de calcio sólido; mezclar los residuos sólidos y dicho hidróxido de calcio sólido, formando de este modo una mezcla de los mismos; y
  - calentar la mezcla en un ambiente de reducción química, no oxidante, para formar bromuro de calcio sólido.
- 55 11. El método de la reivindicación 10, que comprende suministrar una cantidad de dicho hidróxido de calcio sólido correspondiente al equivalente estequiométrico de la cantidad de bromo contenida en los compuestos de bromo de los residuos sólidos proporcionados.
- 60 12. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 11, donde dicho calentamiento se realiza con una temperatura de funcionamiento en un intervalo de entre aproximadamente 400 °C y aproximadamente 800 °C.
- 65 13. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, donde dicho calentamiento se realiza con una presión de operación en un intervalo de entre aproximadamente 10,13 kPa (0,1 atm, 76,0 mm Hg) y aproximadamente 202,65 kPa (2 atm, 1520 mm Hg).
14. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, donde dicho calentamiento incluye

transferir de forma forzada y mover dicha mezcla calentada desde principio al fin de dicho calentamiento.

5 15. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, que comprende además controlar el funcionamiento y el procesamiento de la información y datos asociada con, dicho proporcionar los residuos sólidos, dicho proporcionar dicho suministro de hidróxido de calcio sólido, dicha mezcla y dicho calentamiento, a través de una unidad de control de procesos/procesamiento de datos de información.

10 16. Un sistema para recuperar bromo a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, comprendiendo el sistema:

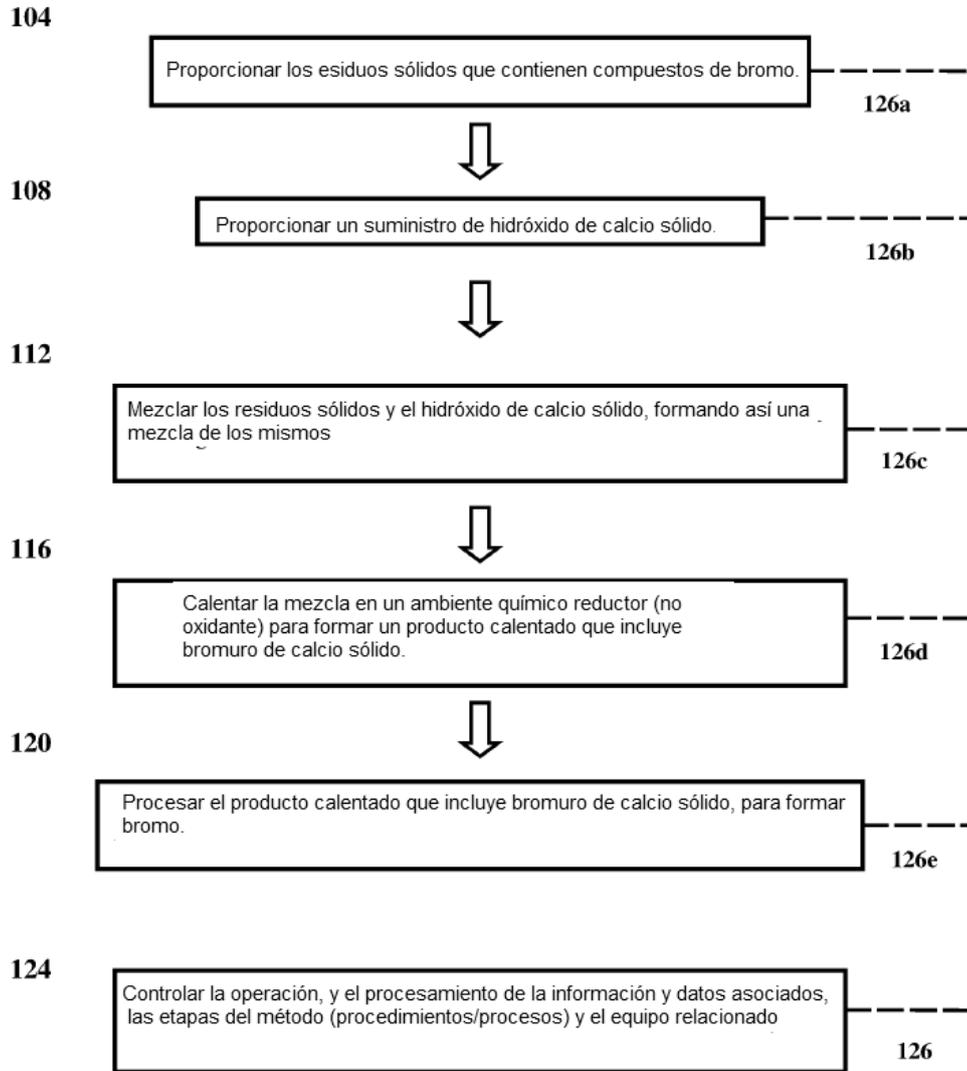
una unidad de entrada de residuos sólidos, para recibir y contener los residuos sólidos;  
una unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido, para suministrar hidróxido de calcio sólido a los residuos sólidos; una unidad de mezcla, conectada operativamente a dicha unidad de entrada de residuos sólidos y dicha  
15 unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido, para mezclar los residuos sólidos y dicho hidróxido de calcio sólido, y donde se forma una mezcla de los mismos;  
una unidad de calentamiento, conectada operativamente a dicha unidad mezcladora, para calentar dicha mezcla en un entorno de reducción química, no oxidante, y donde se forma un producto calentado que comprende bromuro de calcio sólido; y  
20 una unidad de procesamiento químico, conectada operativamente a la unidad de calentamiento, para procesar dicho producto calentado y donde se forma bromo.

17. Un sistema para fabricar bromo de calcio sólido a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo, comprendiendo el sistema:

25 una unidad de entrada de residuos sólidos, para recibir y contener los residuos sólidos;  
una unidad de suministro de hidróxido de calcio sólido, para suministrar hidróxido de calcio sólido a los residuos sólidos;  
una unidad de mezcla, conectada operativamente a dicha unidad de entrada de residuos sólidos y dicha unidad  
de suministro de hidróxido de calcio sólido, para mezclar los residuos sólidos y dicho hidróxido de calcio sólido, y  
30 donde se forma una mezcla de los mismos; y  
una unidad de calentamiento, para calentar la mezcla en un ambiente de reducción química, no oxidante, y donde se forma bromuro de calcio sólido.

100 FIG. 1A

{Recuperar bromo de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo.}



100

FIG. 1B

*{Recuperar el bromo de los residuos sólidos que contienen compuestos de bromo.}*

130

Disolver el producto calentado (de bromuro de calcio sólido) en agua, formando de este modo una solución acuosa de bromuro de calcio



134

Someter la solución acuosa de bromuro de calcio a un procedimiento de separación, separando de este modo el bromo de la solución acuosa.

138

Calentar el producto calentado (de bromuro de calcio sólido) en presencia de oxígeno, formando así óxido de calcio sólido y bromo gaseoso.



142

Condensar el bromo gaseoso, formando así bromo líquido



**300**                      **FIG. 3**

*{Fabricación de bromuro de calcio a partir de residuos sólidos que contienen compuestos de bromo.}*

