

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 782 082**

51 Int. Cl.:

C22B 11/00 (2006.01)

C22B 11/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.06.2015 PCT/IL2015/050621**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2015 WO15193901**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2015 E 15810012 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2020 EP 3158094**

54 Título: **Método para la recuperación de metales del grupo platino a partir de los catalizadores gastados**

30 Prioridad:

19.06.2014 US 201462014209 P
23.03.2015 US 201562136762 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.09.2020

73 Titular/es:

YEDA RESEARCH AND DEVELOPMENT CO., LTD. (100.0%)
at the Weizmann Institute of Science, P.O. Box 95
7610002 Rehovot, IL

72 Inventor/es:

LUBOMIRSKY, IGOR y
KAPLAN, VALERY

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 782 082 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

Método para la recuperación de metales del grupo platino a partir de los catalizadores gastados

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a técnicas metalúrgicas empleadas para la separación y recuperación de metales preciosos y raros, y específicamente, a un aparato y método para la recuperación de metales del grupo del platino a partir de catalizadores gastados.

Antecedentes de la invención

10 Los metales del grupo del platino, por ejemplo, el platino (Pt), el paladio (Pd) y el rodio (Rh), son metales preciosos bien conocidos que juegan un papel importante en muchas aplicaciones industriales tales como en joyas y adornos, electrónica, circuitos telefónicos, aleaciones dentales, etc. El platino y el paladio también se han utilizado durante mucho tiempo como catalizadores de reformado e hidrogenación en las industrias del petróleo o del automóvil, respectivamente. En los catalizadores, se incluyen pequeñas cantidades de platino o paladio en grandes volúmenes de materiales de soporte, típicamente como una capa metálica soportada sobre alúmina, circonita o sílice.

15 Los catalizadores de la industria del petróleo o del automóvil que contienen platino o paladio generalmente se descartan cuando se deteriora su función catalítica. El contenido de paladio en la catálisis generalmente varía de 0,4 por ciento en masa a 5,0 por ciento en masa. Del mismo modo, el contenido de platino, rutenio y osmio puede variar de 0,1 por ciento en masa a 0,5 por ciento en masa. Los catalizadores gastados también pueden contener 1,5-2,5 por ciento en masa de renio y 3,0-5,0 por ciento en masa de vanadio. Debido a su baja abundancia en la naturaleza, el alto precio y las crecientes demandas en varios campos de la industria, puede ser muy ventajoso recuperar y refinar los metales del grupo del platino a partir de diversos materiales gastados. Por lo tanto, la recuperación y purificación eficaz de metales preciosos a partir de catalizadores gastados tiene beneficios económicos.

20 El platino y el paladio en los catalizadores de la industria del petróleo o del automóvil se pueden recuperar a través de diversas técnicas hidrometalúrgicas o pirometalúrgicas. Un tratamiento hidrometalúrgico generalmente incluye etapas de conminución (p. ej., trituración y molienda), lixiviación, filtración y lavado, seguidas de extracción de paladio de una disolución (cementación o proceso electroquímico). El tratamiento también puede incluir la neutralización de la disolución residual ácida, tortas filtrantes y gases residuales ácidos.

25 Por ejemplo, en la patente de EE.UU. nº 6.455.018 se describe un procedimiento complejo no selectivo para la extracción de metales preciosos, por ejemplo, platino, paladio y rodio a partir de convertidores catalíticos gastados que incluye triturar los catalizadores, tratarlos con ácido sulfúrico; calcinación de la mezcla entre 150 °C y 450 °C, lixiviación con cloruros y ácido clorhídrico para obtener una disolución de metales nobles y cualquier otro metal junto con un residuo sólido.

30 Básicamente, hay tres rutas de proceso para el tratamiento hidrometalúrgico. La primera ruta incluye la destrucción parcial del sustrato de soporte del catalizador de alúmina o circonita y la cloritización a alta temperatura con gas de cloro. En este caso, el paladio se transforma por completo y el sustrato de soporte se transforma parcialmente en disolución o fundido. El platino o el paladio pueden, por ejemplo, extraerse directamente de un sustrato de soporte de catalizador usando lixivios. Como tal, el catalizador puede, por ejemplo, lixivarse en agua regia o en ácido clorhídrico con oxidantes tales como ácido nítrico, clorato de sodio, hipoclorito de sodio y cloro gaseoso.

35 La segunda ruta incluye la destrucción total del sustrato de soporte de catalizador de alúmina o circonita. En esta ruta, el paladio y la alúmina se transforman en la disolución o se funden juntos. Esta ruta se basa en la disolución total del sustrato de alúmina, concentrando así platino y paladio insoluble o escasamente soluble en el residuo.

La tercera ruta incluye los procedimientos de disolución seleccionada de paladio en disoluciones o en un colector de metal con separación de metal adicional y extracción de paladio sin destrucción del sustrato catalizador de alúmina o circonita. En este caso, el paladio se transforma completamente en disolución o masa fundida, mientras que la alúmina permanece en forma insoluble.

40 Las desventajas de los procedimientos hidrometalúrgicos convencionales para la recuperación de metales del grupo del platino a partir de catalizadores están asociadas con procedimientos de múltiples etapas, formación de grandes cantidades de residuos de disoluciones ácidas o alcalinas. Del mismo modo, estos procedimientos requieren una cantidad relativamente grande de un colector de metales (por ejemplo, Zn o Al) para la extracción de los metales del grupo del platino de la disolución en la etapa de cementación del procedimiento, generalmente en una cantidad de 7-8 veces mayor que la cantidad estequiométrica.

45 Un tratamiento pirometalúrgico convencional de catalizadores para la recuperación de metales del grupo del platino generalmente incluye una etapa de conminución (trituración y molienda) y una etapa de fundición, seguida de separación de metales y extracción de paladio de los colectores de metales, por ejemplo, mediante un proceso electroquímico, junto con el tratamiento de la escoria y la neutralización de gases residuales ácidos.

Los metales preciosos dentro de los catalizadores gastados de la industria del petróleo y del automóvil también se pueden recuperar por cloración a alta temperatura.

5 Por ejemplo, en la patente de EE.UU. n° 3.951.648 se describe un procedimiento para recuperar paladio de un catalizador gastado que tiene un contenido de paladio de menos del 5 por ciento. El método comprende poner el catalizador en contacto con un compuesto orgánico clorado gaseoso a una temperatura suficiente para evaporar el paladio y enfriar la fase gaseosa para recuperar el derivado de paladio clorado formado.

10 En la patente de EE.UU. n° 5.102.632 se describe un método de dos etapas para recuperar el contenido de metales nobles de una mezcla de metales nobles, por ejemplo, platino, paladio, y rodio, a partir de un catalizador gastado. El método comprende primero la cloración reductora a una temperatura elevada mediante un agente de cloración gaseoso en presencia de un agente reductor (por ejemplo, dióxido de azufre y monóxido de carbono en etapas). El método también comprende minimizar la cantidad de tricloruro de aluminio formado por la capa de lavado o la cloración cerámica subyacente, y separar el tricloruro de aluminio u otros cloruros de la capa de lavado de los productos de cloración de los metales nobles, tal como mediante sublimación de los primeros en una atmósfera reductora a temperatura por debajo de las temperaturas de evaporación de estos últimos, recuperando así los cloruros de metales nobles en forma concentrada. Como segunda etapa, la temperatura se incrementa aún más en una atmósfera de cloro solo, para volatilizar el tricloruro de rodio para su recolección por separado del cloruro de paladio y platino previamente volatilizado en la cloración reductora de la primera etapa.

15 En las patentes de EE.UU. n°s 2.828.200 y 2.860.045 (de Nixon, 1958) se describe métodos para retirar el platino de un compuesto que contiene platino y alúmina.

20 A pesar de la técnica anterior en el área de tratamiento de catalizadores gastados, todavía existe la necesidad en la técnica de una mejora adicional de un método para reciclar catalizadores gastados procedentes de las industrias petroquímica, química y automotriz para la recuperación de metales del grupo del platino a partir de catalizadores gastados.

25 También, sería ventajoso tener un método y un aparato para la recuperación de metales del grupo del platino con agentes de bajo impacto ambiental que tienen la capacidad de extraer paladio y/u otros metales del grupo del platino de manera selectiva y eficaz en condiciones moderadas.

Asimismo, sería ventajoso tener un método y un aparato para la recuperación de metales del grupo del platino que puedan industrializarse fácilmente y que den como resultado un rendimiento significativo de los metales recuperados.

30 La presente descripción satisface la necesidad antes mencionada al proporcionar un método para la recuperación de metales del grupo del platino a partir de un catalizador gastado, que incluye uno o más metales del grupo del platino.

Sumario de la invención

En una realización, esta invención proporciona un método para recuperar metales del grupo del platino a partir de un catalizador gastado, comprendiendo el método:

35 triturar dicho catalizador gastado para obtener un material catalítico en partículas que incluye partículas que tienen un tamaño de grano predeterminado;

impregnar el material particulado de catalizador con una disolución acuosa de cloruro que comprende al menos una sal de cloruro y al menos una sal de hipoclorito;

proporcionar un gas que contiene cloro y suministrarlo a una zona de reacción;

40 someter el material catalítico en partículas a un tratamiento de cloración en la zona de reacción a una temperatura predeterminada durante un período de tiempo predeterminado, poniendo el material catalítico en partículas en contacto con el gas que contiene cloro para producir un cloruro volátil que contiene metal del grupo platino;

aplicar un campo electromagnético al gas que contiene cloro en la zona de reacción para proporcionar la ionización del cloro; causando así una reacción química entre los metales del grupo del platino; y

45 enfriar dicho producto de cloruro volátil que contiene metal del grupo de platino para convertir dicho producto de cloruro volátil que contiene metal del grupo de platino en materiales que contienen metal del grupo de platino en fase sólida.

En una realización, esta invención proporciona un aparato para la recuperación de metales del grupo del platino a partir de un catalizador gastado, que comprende:

50 un puerto de entrada de material catalítico en partículas;

un reactor de cloración con una zona de reacción;

un puerto de entrada de gas que contiene cloro;

un calentador;

un inductor electromagnético para proporcionar ionización de cloruro;

5 un puerto de salida de vapor que contiene metal del grupo platino y uno o más colectores de enfriamiento correspondientes a través de los cuales se libera un vapor que contiene metal del grupo platino procedente de la zona de reacción; en donde

10 un material catalítico en partículas se impregna con una disolución acuosa de cloruro que comprende al menos una sal de cloruro y al menos una sal de hipoclorito, se alimenta al puerto de entrada del material catalítico en partículas y se trata con gas que contiene cloro procedente del reactor clorado a una temperatura predeterminada por el calentador, se lleva a cabo una reacción química entre los metales del grupo platino y el gas que contiene cloro para producir un producto de cloruro volátil que contiene metales del grupo platino.

En la presente descripción y reivindicaciones, la expresión "metales del grupo del platino" se usa ampliamente, ya sea sola o en combinación, para referirse a todos los elementos del grupo del platino, a saber, los elementos rodio, paladio, iridio, platino, rutenio y osmio.

15 De acuerdo con una realización de la presente invención, el tamaño de grano predeterminado de dicho material catalítico en partículas puede estar en el intervalo de 100 micrómetros a 300 nm.

De acuerdo con una realización, la impregnación del material catalítico en partículas con la disolución acuosa de cloruro incluye empapar el material catalítico en partículas en la disolución acuosa de cloruro hasta impregnar el material catalítico en partículas.

20 De acuerdo con una realización, el suministro de la disolución acuosa de cloruro incluye disolver al menos una sal de cloruro y al menos una sal de hipoclorito en agua. Una concentración de una o más sales de cloruro en la disolución acuosa de cloruro puede estar, por ejemplo, en el intervalo de aproximadamente 15 por ciento en peso a aproximadamente 40 por ciento en peso, mientras que una concentración de una o más sales de hipoclorito puede estar, por ejemplo, en el intervalo de aproximadamente 5 por ciento en peso a aproximadamente 15% por ciento en peso.

25 De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, las sales de cloruro se seleccionan de cloruros de metales alcalinos, cloruros de metales alcalinotérreos, cloruro de aluminio y/o cloruro de amonio, mientras que las sales de hipoclorito se seleccionan de sales de hipoclorito de metales alcalinos y/o sales de hipoclorito de metales alcalinotérreos.

30 El método también incluye proporcionar un gas que contiene cloro y suministrarlo a una zona de reacción.

Según una realización, el gas que contiene cloro puede producirse a partir de un material que contiene cloro calentando el material que contiene cloro en una zona de producción de cloro a una temperatura de descomposición del material que contiene cloro. La temperatura de descomposición provoca la descomposición térmica del material que contiene cloro, produciendo así gas que contiene cloro.

35 Los ejemplos de un material que contiene cloro adecuado para producir un gas que contiene cloro incluyen, entre otros, hipoclorito de potasio, hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio, hipoclorito de magnesio, hipoclorito de bario, hipoclorito-cloruro de potasio, hipoclorito -cloruro de sodio, hipoclorito-cloruro de calcio, hipoclorito-cloruro de magnesio-, hipoclorito-cloruro de bario, cloruro de potasio, cloruro de sodio, cloruro de amonio, cloruro de calcio, cloruro de magnesio, cloruro de bario, cloruro de aluminio, ácido clorhídrico y cualquier combinación de los mismos.

40 Según una realización, el calentamiento del material que contiene cloro se lleva a cabo a una temperatura en el intervalo de 150 grados Celsius a 800 grados Celsius durante un período de tiempo en el intervalo de 5 min a 120 min.

Según una realización, el material que contiene cloro es una composición de hipoclorito de calcio y cloruro de calcio. Por ejemplo, una cantidad de hipoclorito de calcio en la composición de hipoclorito de calcio y cloruro de calcio puede estar en el intervalo de 5 a 80 por ciento en peso.

45 Según una realización, el método para la recuperación de metales del grupo del platino a partir de un catalizador gastado incluye someter el material particulado de catalizador a un tratamiento de cloración en la zona de reacción a una temperatura predeterminada durante un período de tiempo predeterminado, poniendo el material particulado de catalizador en contacto con el gas que contiene cloro.

50 Según una realización de la presente invención, el material particulado de catalizador sometido a un tratamiento de cloración se toma directamente después de triturar el catalizador gastado.

Según otra realización de la presente invención, el material particulado de catalizador sometido a un tratamiento de cloración se toma después de su impregnación con la disolución acuosa de cloruro.

Una cantidad de cloro en el gas que contiene cloro está en el intervalo de 1 gramo a 200 gramos por cada kilogramo del catalizador gastado. La temperatura predeterminada en la zona de reacción puede estar, por ejemplo, en el intervalo de 300 grados Celsius a 1100 grados Celsius. El período de tiempo predeterminado para calentar el material catalítico en partículas está en el intervalo de 10 min a 120 min.

- 5 Según una realización, el método para la recuperación de metales del grupo del platino incluye la aplicación de un campo electromagnético al gas que contiene cloro en la zona de reacción para proporcionar la ionización del cloro; produciendo así una reacción química entre los metales del grupo del platino y los iones de cloro y proporcionar un producto de cloruro volátil que contiene metales del grupo del platino en la zona de reacción. La ionización del gas de cloro se puede lograr, por ejemplo, aplicando un campo electromagnético alterno a la zona de reacción a una frecuencia en el intervalo de 50 kHz a 12 GHz. Una irradiancia del campo electromagnético en la zona de reacción puede estar, por ejemplo, en el intervalo de 0,1 kW/cm² hasta 10 kW/cm². Una irradiancia del campo electromagnético aplicado a la zona de reacción puede estar, por ejemplo, en el intervalo de 0,1 kW/cm² hasta 10 kW/cm². El campo electromagnético puede aplicarse, por ejemplo, a la mezcla de gases que contiene cloro para proporcionar la ionización del cloro, llevada a cabo durante un período de tiempo en el intervalo de 5 min a 180 min.
- 10
- 15 Según una realización, el calentamiento del material particulado de catalizador en la zona de reacción se lleva a cabo simultáneamente con la aplicación de un campo electromagnético a la mezcla de gases que contiene cloro.

El método incluye así enfriar el producto de cloruro volátil que contiene metal del grupo de platino para convertir el producto de cloruro volátil que contiene metal del grupo de platino en materiales que contienen metal del grupo de platino en fase sólida.

- 20 Por lo tanto, se han resumido, de manera bastante amplia, las características más importantes de la invención, de modo que la descripción detallada de la misma que sigue a continuación se pueda entender mejor, y la presente contribución a la técnica se puede apreciar mejor. Detalles adicionales y ventajas de la invención se expondrán en la descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

- 25 Para comprender la invención y ver cómo se puede llevar a cabo en la práctica, se describirán ahora realizaciones, solo a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una presentación esquemática de un método para recuperar metales del grupo del platino de un catalizador gastado; y

- 30 La Figura 2 ilustra una vista esquemática en sección transversal longitudinal fragmentaria de un aparato para la recuperación de metales del grupo del platino de un catalizador gastado, de acuerdo con una realización de la presente invención.

- Se apreciará que, por simplicidad y claridad de ilustración, los elementos mostrados en las figuras no se han dibujado necesariamente a escala. Por ejemplo, las dimensiones de algunos de los elementos pueden exagerarse en relación con otros elementos para mayor claridad. Además, cuando se considere apropiado, los números de referencia pueden repetirse entre las figuras para indicar elementos correspondientes o análogos.
- 35

Descripción detallada de la invención

- En la siguiente descripción detallada, se exponen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión profunda de la invención. Sin embargo, los expertos en la materia entenderán que la presente invención se puede llevar a la práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, los métodos, procedimientos, y componentes bien conocidos no se han descrito en detalle para no eclipsar la presente invención.
- 40

Los principios y el funcionamiento de un aparato para la recuperación de metales del grupo del platino a partir de un catalizador gastado según la presente invención pueden entenderse mejor con referencia a los dibujos y la descripción adjunta. Debe entenderse que estos dibujos se dan solo con fines ilustrativos y no tienen la intención de ser limitantes.

- 45 En una realización, esta invención proporciona un método para recuperar metales del grupo del platino de un catalizador gastado, comprendiendo el método:

triturar dicho catalizador gastado para obtener un material catalítico en partículas que incluye partículas que tienen un tamaño de grano predeterminado;

impregnar el material particulado de catalizador con una disolución acuosa de cloruro que comprende al menos una sal de cloruro y al menos una sal de hipoclorito;

- 50 proporcionar un gas que contiene cloro y suministrarlo a una zona de reacción;

someter el material catalítico en partículas a un tratamiento de cloración en la zona de reacción a una temperatura predeterminada durante un período de tiempo predeterminado poniendo el material catalítico en

partículas en contacto con el gas que contiene cloro para producir un cloruro volátil que contiene metal del grupo platino;

aplicar un campo electromagnético al gas que contiene cloro en la zona de reacción para proporcionar la ionización del cloro; causando así una reacción química entre los metales del grupo del platino; y

- 5 enfriar dicho producto de cloruro volátil que contiene metal del grupo de platino para convertir dicho producto de cloruro que contiene metal del grupo de platino volátil en materiales que contienen metal del grupo de platino en fase sólida.

10 En la presente descripción y reivindicaciones, la expresión "metales del grupo del platino" se usa ampliamente, ya sea sola o en combinación, para todos los elementos del grupo del platino, a saber, los elementos rodio, paladio, iridio, platino, rutenio y osmio.

Los catalizadores gastados, que contienen los metales del grupo del platino a recuperar, pueden estar en varias formas, a saber, por ejemplo, en forma de gránulos o en forma de monolitos. Se apreciará que estos catalizadores se describen ampliamente en la técnica, tanto con respecto a su estructura como a su composición y, por lo tanto, no se describen en la presente memoria.

- 15 Los catalizadores gastados generalmente pueden contener diversas impurezas, tales como circona, sílice, ceria, alúmina, sustancias carbonosas y similares. Sin embargo, el método y el aparato de la invención son insensibles a la presencia de estas impurezas.

20 Con referencia a la Figura 1, de acuerdo con el método de la presente invención, primero se realiza la trituración del catalizador gastado. Esta etapa es necesaria cuando un catalizador gastado tiene la forma de un monolito. Durante la trituración, el catalizador se muele y, por lo tanto, se convierte en un material en partículas cuyo tamaño medio de partícula puede variar, por ejemplo, de 100 micrómetros a 300 milímetros. Este estado permite la preparación de un producto que es, por un lado, más homogéneo y, por otro, más tratable en las etapas de método posteriores, de acuerdo con la presente invención. En otra realización, el material en partículas tiene un tamaño medio de partícula entre 100 micrómetros y 200 milímetros. En otra realización, el material en partículas tiene un tamaño medio de partícula entre 100 micrómetros y 100 milímetros. En otra realización, el material en partículas tiene un tamaño medio de partícula entre 100 milímetros y 300 milímetros.

Según la presente invención, el método incluye proporcionar una disolución acuosa de cloruro. La disolución acuosa de cloruro se puede preparar disolviendo una o más sales de cloruro y una o más sales de hipoclorito en agua.

30 De acuerdo con una realización de la presente invención, una concentración de sales de cloruro en la disolución acuosa de cloruro está en el intervalo de aproximadamente 15 por ciento en peso a aproximadamente 40 por ciento en peso, mientras que una concentración de sales de hipoclorito está en el intervalo de aproximadamente 5 por ciento en peso a aproximadamente 15% por ciento en peso. En otra realización, la concentración de sales de cloruro en la disolución acuosa de cloruro está en el intervalo de aproximadamente 15 por ciento en peso a aproximadamente 25 por ciento en peso.

35 Las sales de cloruro pueden seleccionarse, por ejemplo, de cloruros de metales alcalinos, cloruros de metales alcalinotérreos, cloruro de aluminio y/o cloruro de amonio. Las sales de hipoclorito pueden, por ejemplo, seleccionarse de sales de hipoclorito de metales alcalinos y/o sales de hipoclorito de metales alcalinotérreos.

40 Los ejemplos de sales de cloruro de metales alcalinos incluyen, pero no se limitan a, cloruro de potasio y cloruro de sodio. Los ejemplos de sales de cloruro de cloruros de metales alcalinotérreos incluyen, pero no se limitan a, cloruro de calcio, cloruro de magnesio y cloruro de bario.

Los ejemplos de sales de hipoclorito de metales alcalinos incluyen, pero no se limitan a, hipoclorito de potasio, hipoclorito de sodio, cloruro de hipoclorito de potasio e hipoclorito de cloruro de sodio. Los ejemplos de sales de hipoclorito de metales alcalinotérreos incluyen, entre otros, hipoclorito de calcio, hipoclorito de magnesio, hipoclorito de bario, hipoclorito-cloruro de calcio, hipoclorito-cloruro de magnesio, e hipoclorito-cloruro de bario.

45 De acuerdo con la presente invención, el método incluye impregnar el material particulado de catalizador con la disolución acuosa de cloruro. Esta impregnación del material catalítico en partículas con la disolución acuosa de cloruro se puede llevar a cabo, por ejemplo, empapando el material catalítico en partículas en una disolución acuosa de cloruro. Este remojo del material catalítico en partículas en una disolución acuosa de cloruro puede estar, por ejemplo, a presión atmosférica y temperatura ambiente hasta que el material catalítico en partículas esté completamente sumergido. Por ejemplo, este remojo puede durar al menos 10 minutos. Una cantidad de la disolución acuosa de cloruro puede estar, por ejemplo, en el intervalo de 50 por ciento en peso a 180 por ciento en peso del material catalítico en partículas seco. En otra realización, la cantidad de disolución acuosa de cloruro está en el intervalo de 50 por ciento en peso a 100 por ciento en peso del material catalítico en partículas seco. En otra realización, la cantidad de disolución acuosa de cloruro está en el intervalo de 75 por ciento en peso a 125 por ciento en peso del material catalítico en partículas seco.

Según la presente invención, el método incluye proporcionar un gas que contiene cloro y suministrar el gas a una zona de reacción.

5 Según una realización, el suministro de un gas que contiene cloro incluye la producción del gas que contiene cloro a partir de un material que contiene cloro. Los ejemplos de materiales que contienen cloro adecuados para la presente invención incluyen, pero no se limitan a, hipoclorito de potasio, hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio, hipoclorito de magnesio, hipoclorito de bario, hipoclorito-cloruro de potasio, hipoclorito-cloruro de sodio, hipoclorito-cloruro de calcio, hipoclorito-cloruro de magnesio, hipoclorito-cloruro de bario, cloruro de potasio, cloruro de sodio, cloruro de amonio, cloruro de calcio, cloruro de magnesio, cloruro de bario, cloruro de aluminio, ácido clorhídrico y cualquier combinación de los mismos. El material que contiene cloro puede estar, por ejemplo, en forma de partículas. Por ejemplo, la cantidad de material que contiene cloro puede estar en el intervalo de 1 gramo a 1 kilogramo por kilogramo del catalizador gastado.

15 Cuando se usa una combinación de dos o más materiales diferentes que contienen cloro, la concentración de los componentes en la composición puede variar en amplios límites. Por ejemplo, cuando el material que contiene cloro es una composición de hipoclorito de calcio junto con cloruro de calcio, una cantidad de hipoclorito de calcio en la composición de hipoclorito de calcio y cloruro de calcio puede estar en el intervalo de 5% a 80% en peso.

20 El suministro del gas que contiene cloro incluye además tratar el material que contiene cloro en un reactor adecuado que tiene una zona de descomposición para calentar el material que contiene cloro con el fin de proporcionar la descomposición térmica del mismo, produciendo así una mezcla de gas que contiene cloro. La temperatura y la duración del calentamiento se eligen para proporcionar la descomposición térmica del material que contiene cloro y producir una mezcla de gases que contiene cloro. Por ejemplo, la temperatura predeterminada puede estar en el intervalo de aproximadamente 150 °C a aproximadamente 400 °C. El calentamiento de la mezcla para proporcionar la descomposición térmica del material que contiene cloro para producir una mezcla de gases que contiene cloro puede llevarse a cabo durante un período de tiempo en el intervalo de 5 min a 120 min.

25 De acuerdo con la presente invención, el método para la recuperación de metales del grupo del platino de un catalizador gastado incluye someter el material particulado de catalizador a un tratamiento de cloración en la zona de reacción a una temperatura predeterminada durante un período de tiempo predeterminado poniendo el material particulado de catalizador en contacto con un gas que contiene cloro.

Según una realización de la presente invención, el material particulado de catalizador sometido a un tratamiento de cloración se toma directamente después de triturar el catalizador gastado.

30 Según otra realización de la presente invención, el material particulado de catalizador sometido a un tratamiento de cloración se toma después de su impregnación con la disolución acuosa de cloruro.

35 El solicitante de la presente invención descubrió que la realización del método, incluida la etapa de impregnación del material particulado de catalizador con la disolución acuosa de cloruro, proporciona una recuperación más eficaz de los metales del grupo del platino procedentes de los catalizadores usados que la realización, cuando el tratamiento de cloración se toma directamente después de triturar el catalizador gastado. Además, se descubrió que el rendimiento de recuperación es mayor cuando la disolución acuosa de cloruro incluye al menos una sal de cloruro y al menos una sal de hipoclorito en agua, y no solo sales de cloruro o solo sales de hipoclorito.

En una realización, esta invención proporciona un aparato para la recuperación de metales del grupo del platino a partir de un catalizador gastado, que comprende:

- 40 un puerto de entrada de material catalítico en partículas;
- un reactor de cloración con una zona de reacción;
- un puerto de entrada de gas que contiene cloro;
- un calentador;
- un inductor electromagnético para proporcionar ionización de cloruro;
- 45 un puerto de salida de vapor que contiene metal del grupo platino y uno o más colectores de enfriamiento correspondientes a través de los cuales se libera un vapor que contiene metal del grupo platino procedente de la zona de reacción; en donde
- 50 un material catalítico en partículas se impregna con una disolución acuosa de cloruro que comprende al menos una sal de cloruro y al menos una sal de hipoclorito, se alimenta al puerto de entrada del material catalítico en partículas y se trata con gas que contiene cloro del reactor clorado a una temperatura predeterminada por el calentador, se lleva a cabo una reacción química entre los metales del grupo platino y el gas que contiene cloro para producir un producto de cloruro volátil que contiene metales del grupo platino.

La Figura 2 ilustra una vista esquemática en sección transversal longitudinal de un aparato para el tratamiento de un material catalítico en partículas, de acuerdo con una realización de la presente invención. El tratamiento se lleva a cabo calentando la mezcla en una atmósfera de cloro y aplicando un campo electromagnético, de acuerdo con una realización de la presente invención.

5 Cabe señalar que esta cifra no está a escala, y no es proporcional, para fines de claridad. También se debe tener en cuenta que los bloques, así como otros elementos en esta figura, están pensados solo como entidades funcionales, de modo que se muestren las relaciones funcionales entre las entidades, en lugar de cualquier conexión física y/o relación física. Se proporcionan ejemplos de construcciones, materiales, dimensiones y procesos de fabricación para elementos seleccionados. Los expertos en la materia deberían apreciar que muchos de los ejemplos proporcionados
10 tienen alternativas adecuadas que pueden utilizarse.

Según una realización de la presente invención, el aparato **20** para el tratamiento de un material catalítico particulado **25** incluye una carcasa **21** que tiene paredes de la carcasa **210**. El término "carcasa" se usa ampliamente para describir cualquier contenedor, depósito, cámara, recipiente, cartucho, carcasa circundante, conjunto de marco o cualquier otra estructura que pueda usarse para llevar a cabo un proceso de recuperación de metales del grupo del platino de un catalizador gastado, de acuerdo con la enseñanza de la presente invención.
15

Las paredes de la carcasa **210** definen un reactor de cloración **22** con una zona de reacción en la que la mezcla **25** se calienta y se somete a un campo electromagnético. Debe entenderse que la carcasa **21** puede tener cualquier dimensión y forma deseadas, tales como cilíndricas, prismáticas, etc. Además, la dimensión de las cavidades puede tener cualquier distribución de tamaños deseada.

20 Una superficie interior de las paredes de la carcasa **210** puede realizarse en cualquier material adecuado. Los ejemplos de dichos materiales incluyen, pero no se limitan a, un material cerámico que contiene al menos un elemento seleccionado de materiales cerámicos basados en sílice, basados en alúmina, basados en magnesia o basados en circonita y cualquier combinación de los mismos.

Se puede alimentar un material catalítico en partículas al reactor de cloración **22** de varias maneras adecuadas. Por ejemplo, se puede proporcionar a través de una entrada de alimentación **23** dispuesta en las paredes de la carcasa **210**. Con este fin, una tolva de alimentación **24** se puede disponer, por ejemplo, en la entrada de alimentación **23**. Aunque la entrada de alimentación **23** se muestra en la Figura 2 en la parte superior de la carcasa **21**, generalmente se puede disponer en cualquier lugar adecuado.
25

Según algunas realizaciones, el reactor **22** incluye un calentador **221** configurado para calentar y mantener el material particulado de catalizador a una temperatura predeterminada. El tratamiento térmico puede ser útil, por ejemplo, para transferir el sustrato catalítico de alúmina desde la forma soluble $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ a la forma insoluble $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. El pretratamiento térmico puede hacer que los metales del grupo del platino sean más reactivos, al eliminar cualquier capa de óxido que pueda revestir los metales del grupo del platino. El tratamiento térmico puede estar, por ejemplo, en el intervalo de 300 grados Celsius a 1.100 grados Celsius durante un período de tiempo predeterminado. El período de tiempo predeterminado para calentar el material particulado de catalizador puede estar, por ejemplo, en el intervalo de 10 min a 120 min.
30
35

Según algunas realizaciones, el reactor de cloración **22** también puede incluir un sensor de temperatura **222** situado en el reactor **22** dentro de la mezcla **25** y configurado para medir la temperatura predeterminada con el fin de controlar el funcionamiento del calentador **221**.

40 Como se muestra en la Figura 2, el reactor **22** incluye un puerto de entrada de gas que contiene cloro **223** asociado con un colector de entrada de gas que contiene cloro **224** dispuesto en las paredes de la carcasa **210**, y configurado para recibir un gas que contiene cloro, y dirigir una cantidad predeterminada del gas que contiene cloro a la zona de reacción. El gas que contiene cloro puede ser, por ejemplo, una mezcla gaseosa de cloro y un gas noble, tal como el argón; sin embargo, la mezcla de gases también puede incluir aire atmosférico. El solicitante de la presente invención descubrió que cuando el gas que contiene cloro incluye oxígeno (por ejemplo, oxígeno presente en el aire), el resultado final de la recuperación de metales del grupo del platino de los catalizadores gastados es más eficaz que en el caso en que el oxígeno no está presente en la mezcla de gases. Un contenido de cloro en el gas que contiene cloro puede estar, por ejemplo, en el intervalo de 0,1 por ciento en peso a 95 por ciento en peso, mientras que un contenido de oxígeno en el gas que contiene cloro puede estar, por ejemplo, en el intervalo de 0,1 por ciento en peso a 25 por ciento en peso.
45
50

De acuerdo con una realización de la presente invención, el gas que contiene cloro se proporciona desde el reactor (no mostrado) donde un material que contiene cloro ha sido sometido a tratamiento térmico y descomposición para producir el gas que contiene cloro.

De acuerdo con otra realización de la presente invención, el gas que contiene cloro se proporciona desde un depósito de almacenamiento donde (no se muestra) el gas que contiene cloro puede almacenarse a alta presión.
55

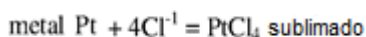
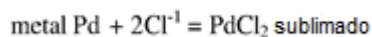
En funcionamiento, el gas que contiene cloro puede pasar a través de la zona de reacción y estar en contacto con el material particulado de catalizador. Una cantidad del gas que contiene cloro que pasa a través de la zona de reacción

puede estar, por ejemplo, en el intervalo de 0,2 litros a 15 litros de cloro por kilogramo del material particulado de catalizador. El gas que contiene cloro puede pasar, por ejemplo, a través de la zona de reacción durante el calentamiento.

5 Cuando se desee, una válvula de entrada de gas que contiene cloro **225** se puede disponer dentro del colector de entrada de gas que contiene cloro **224**. La válvula de entrada de gas que contiene cloro **225** se puede configurar para regular el caudal de entrada del gas que contiene cloro. El término "válvula" como se usa en la presente descripción tiene un significado amplio y se refiere a cualquier dispositivo eléctrico y/o mecánico adaptado para regular el caudal de gases y líquidos.

10 Volviendo a la Figura 1, el método para la recuperación de metales del grupo del platino de un catalizador gastado incluye la aplicación de un campo electromagnético al gas que contiene cloro en la zona de reacción para proporcionar la ionización del cloro.

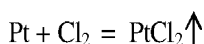
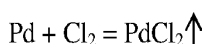
15 La formación de cloruro de metales nobles es un proceso cinéticamente limitado. Se sabe que cuando el cloro está presente como un radical activo, (por ejemplo, en una disolución de agua regia) la cloración es más rápida que cuando la cloración se lleva a cabo con moléculas de cloro. Por lo tanto, poner en contacto metales del grupo del platino con un plasma de cloro (iones y radicales de cloro en lugar de moléculas de cloro) también puede acelerar el proceso de cloración, tal como



20 La ventaja de la cloración por plasma sobre la cloración por las moléculas de cloro se debe al hecho de que puede lograrse a temperaturas mucho más bajas que las necesarias para la cloración controlada térmicamente, y el proceso de cloración a baja temperatura puede ser más selectivo con cloruro puro para recuperar los metales del grupo del platino.

25 El aparato de la presente invención incluye un inductor electromagnético **28** que tiene electrodos **27** dispuesto en la carcasa **21**, aunque también se contempla una realización en la que los electrodos están dispuestos fuera de la carcasa **21**. El plasma de cloro puede mantenerse, por ejemplo, en la zona de reacción aplicando un campo magnético estático que puede generarse mediante bobinas de inducción **26** dispuestas en la carcasa **21**, aunque también se contempla una realización en la que las bobinas de inducción **26** dispuestas fuera de la carcasa **21**. La aplicación de un campo electromagnético a la mezcla de gases que contiene cloro, producida como resultado de la descomposición del material que contiene cloro, puede proporcionar la ionización del cloro y formar un plasma de cloro.

30 Por lo tanto, se produce una reacción química entre los metales del grupo del platino y los iones de cloro. Los ejemplos de dicha reacción química incluyen, pero no se limitan a



35 Como resultado de la reacción química, se proporciona un producto de cloruro volátil que contiene metales del grupo del platino a la zona de reacción.

Debe entenderse que la irradiancia del campo electromagnético en la zona de reacción depende de la configuración del aparato, volumen del material particulado de catalizador **25** y presión del gas que contiene cloro en el reactor de cloración **22**.

40 La presión de la mezcla de gases que contiene cloro en la zona de reacción puede estar, por ejemplo, en el intervalo de 1 milibar a 1 bar. En estas condiciones, la ionización de las moléculas de cloro se puede lograr, por ejemplo, aplicando un campo electromagnético alterno a la zona de reacción a una frecuencia en el intervalo de 50 kHz a 12 GHz. Una irradiancia del campo electromagnético en la zona de reacción puede estar, por ejemplo, en el intervalo de 0,1 kW/cm² a 10 kW/cm².

45 Para proporcionar la ionización del cloro, el campo electromagnético puede aplicarse, por ejemplo, al gas que contiene cloro durante un período de tiempo en el intervalo de 5 min a 180 min. El campo magnético estático para mantener el plasma en la zona de reacción puede tener una fuerza mayor que 0 Tesla pero menor que 2 Tesla.

Según una realización, el calentamiento del material particulado de catalizador en una zona de reacción se lleva a cabo simultáneamente con la aplicación de un campo electromagnético al gas que contiene cloro.

50 El aparato **20** también incluye uno o más puertos de salida de vapor que contiene metales del grupo del platino **226** (solo se muestra un puerto de salida **226** en la Figura 2), y uno o más colectores de enfriamiento correspondientes **29** (solo se muestra un colector de enfriamiento **29** en la Figura 2) a través del cual se libera un

vapor que contiene metal del grupo del platino procedente de la zona de reacción **22**. El colector de enfriamiento **29** está configurado para enfriar el producto de cloruro volátil que contiene metal del grupo de platino (es decir, el vapor que contiene metal del grupo de platino) para proporcionar condensación, y así convertir el producto de cloruro volátil que contiene metal del grupo de platino en materiales que contienen metal del grupo del platino en fase sólida.

El colector de enfriamiento **29** puede ser un tubo realizado en un material termoconductor abierto al aire atmosférico y colocado a temperatura ambiente. En este caso, el enfriamiento del vapor que contiene metal del grupo del platino se puede llevar a cabo durante el paso del material a través del colector de enfriamiento **29**. Cuando se desee, el colector de enfriamiento **29** se puede disponer dentro de un dispositivo de enfriamiento específico (no se muestra).

El aparato **20** puede incluir un colector de material que contiene metal del grupo del platino **30** acoplado al puerto de salida de vapor que contiene metal del grupo del platino **226** a través del colector de enfriamiento **29**. El colector de material que contiene metal del grupo del platino **30** puede ser, por ejemplo, cualquier recipiente adecuado, tal como un recipiente, depósito, cámara, cartucho, carcasa, marco o cualquier otra estructura que pueda usarse para recoger y almacenar los materiales en fase sólida obtenidos durante la condensación del producto de cloruro volátil que contiene metal del grupo del platino de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención.

El aparato **20** puede incluir o ser conectable a un sistema de control (no mostrado) que está acoplado a la válvula de entrada de gas que contiene cloro **225** y configurado para controlar su funcionamiento. Asimismo, el sistema de control se puede ajustar para controlar el funcionamiento del calentador **221**. Específicamente, las señales producidas por el sensor de temperatura **222** puede transmitirse al sistema de control a través de un cable de conexión (no mostrado) o de forma inalámbrica. En respuesta a estas señales, el sistema de control puede generar señales de control correspondientes para controlar el funcionamiento del calentador **221**.

El metal del grupo del platino se puede recuperar de los materiales que contienen metal del grupo del platino en la fase sólida por cualquier medio de recuperación convencional en la técnica. Por ejemplo, esto se puede lograr convenientemente disolviendo los productos sólidos condensados que contienen metal del grupo del platino en agua y tratando la disolución con cinc metálico para reducir el metal del grupo del platino.

Los siguientes ejemplos se proporcionan a modo de ilustración y, por lo tanto, no deben interpretarse para limitar, de ninguna manera, el alcance de la presente invención.

Ejemplo 1

Se trituraron 289 gramos de catalizador gastado que contenía 0,45 por ciento en peso de platino para obtener un material catalítico en partículas. Luego, el material catalítico en partículas se remojó en una disolución acuosa de cloruro que contenía 27 por ciento en peso de cloruro de calcio, CaCl_2 y 12 por ciento en peso de hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. El remojo del material catalítico en partículas en la disolución acuosa de cloruro se llevó a cabo a presión atmosférica y temperatura ambiente durante 10 minutos. El peso del material catalítico en partículas impregnado después de remojar fue de 525 gramos.

El material catalítico en partículas impregnado se sometió a tratamiento de cloración a una temperatura de 1.000 grados Celsius durante una hora poniendo el material catalítico en partículas en contacto con el gas que contenía cloro que incluía 90 por ciento en peso de cloro y 10 por ciento en peso de aire.

Se aplicó un campo electromagnético estático que tenía una intensidad de 1,3 Tesla al gas que contenía cloro durante 10 minutos en una zona de reacción que contenía el material catalítico en partículas para producir la ionización del cloro para proporcionar un producto de cloruro de platino volátil en la zona de reacción.

El rendimiento de recuperación para el platino después de enfriar el producto de cloruro de platino volátil fue del 94 por ciento.

Ejemplo 2

Se trituraron 30 gramos de catalizador gastado que contenía 0,45 por ciento en peso de platino para obtener un material catalítico en partículas. El material catalítico en partículas se remojó en una disolución acuosa de cloruro que contenía 25 por ciento en peso de cloruro de amonio, NH_4Cl , y 12 por ciento en peso de hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. El remojo del material catalítico en partículas en la disolución acuosa de cloruro se llevó a cabo a presión atmosférica y temperatura ambiente durante 10 minutos. El peso del material catalítico en partículas impregnado después del remojo fue de 67 gramos.

El material catalítico en partículas impregnado se sometió a tratamiento de cloración a una temperatura de 1.000 grados Celsius durante una hora poniendo el material catalítico en partículas en contacto con el gas que contenía cloro que incluía 90 por ciento en peso de cloro y 10 por ciento en peso de aire.

Se aplicó un campo electromagnético estático que tenía una intensidad de 1,3 Tesla al gas que contenía cloro durante 10 minutos en una zona de reacción que contenía el material catalítico en partículas para producir la ionización de cloro para proporcionar un producto de cloruro de platino volátil en la zona de reacción.

El rendimiento de recuperación de platino después de enfriar el producto de cloruro de platino volátil fue del 83 por ciento.

Ejemplo 3

5 Se trituraron 48 gramos de catalizador gastado que contenía 0,45 por ciento en peso de platino para obtener un material catalítico en partículas. El material catalítico en partículas se remojó en una disolución acuosa de cloruro que contenía 13 por ciento en peso de hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. La disolución acuosa de cloruro utilizada no contenía ninguna sal de cloruro. El remojo del material catalítico en partículas en la disolución acuosa de cloruro se llevó a cabo a presión atmosférica y temperatura ambiente durante 10 minutos. El peso del material catalítico en partículas impregnado después del remojo fue de 103 gramos.

10 El material catalítico en partículas impregnado se sometió a tratamiento de cloración a una temperatura de 1.000 grados Celsius durante una hora poniendo el material catalítico en partículas en contacto con el gas que contenía cloro que incluía 90 por ciento en peso de cloro y 10 por ciento en peso de aire.

15 Se aplicó un campo electromagnético estático que tenía una fuerza de 1,3 Tesla al gas que contenía cloro durante 10 minutos en una zona de reacción que contenía el material catalítico en partículas para producir la ionización de cloro para proporcionar un producto de cloruro de platino volátil en la zona de reacción.

El rendimiento de recuperación de platino después de enfriar el producto de cloruro de platino volátil fue del 46 por ciento en peso.

Ejemplo 4

20 Se trituraron 150 gramos de catalizador gastado que contenía 0,45 por ciento en peso de platino para obtener un material catalítico en partículas. El material catalítico en partículas se remojó en una disolución acuosa de cloruro que contenía 21 por ciento en peso de cloruro de calcio, CaCl_2 . La disolución acuosa de cloruro utilizada no contenía ninguna sal de hipoclorito. El remojo del material catalítico en partículas en la disolución acuosa de cloruro se llevó a cabo a presión atmosférica y temperatura ambiente durante 10 minutos. El peso del material catalítico en partículas impregnado después del remojo fue de 241 gramos.

25 El material catalítico en partículas impregnado se sometió a tratamiento de cloración a una temperatura de 1.000 grados Celsius durante una hora poniendo el material catalítico en partículas en contacto con el gas que contenía cloro que incluía 90 por ciento en peso de cloro y 10 por ciento en peso de aire.

30 Se aplicó un campo electromagnético estático que tenía una intensidad de 1,3 Tesla al gas que contenía cloro durante 10 minutos en una zona de reacción que contenía el material catalítico en partículas para producir la ionización de cloro para proporcionar un producto de cloruro de platino volátil en la zona de reacción.

El rendimiento de recuperación del platino después de enfriar el producto de cloruro de platino volátil fue del 68 por ciento.

35 Los ejemplos 1-4 anteriores ilustran que el rendimiento de recuperación del método es mayor cuando la disolución acuosa de cloruro incluye al menos una sal de cloruro y al menos una sal de hipoclorito en agua (ejemplos 1 y 2), y no solo al menos una sal de cloruro (Ejemplo 4) o solo al menos una sal de hipoclorito (Ejemplo 4).

Como tal, los expertos en la materia a los que pertenece la presente invención, pueden apreciar que, si bien la presente invención se ha descrito en términos de realizaciones preferidas, la concepción, en la que se basa esta divulgación, puede utilizarse fácilmente como base para diseño de otras estructuras, sistemas y procesos para llevar a cabo los diversos fines de la presente invención.

40 Además, debe entenderse que la fraseología y la terminología empleadas en el presente documento tienen fines descriptivos y no deben considerarse limitantes.

Finalmente, debe observarse que la palabra "que comprende", como se usa en todas las reivindicaciones adjuntas, debe interpretarse en el sentido de "que incluye, pero no se limita a".

45 Es importante, por lo tanto, que el alcance de la invención no se interprete como limitado por las realizaciones ilustrativas expuestas en la presente memoria. Son posibles otras variaciones dentro del alcance de la presente invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la recuperación de metales del grupo del platino a partir de un catalizador gastado, comprendiendo el método:
 - 5 triturar dicho catalizador gastado para obtener un material catalítico en partículas que incluye partículas que tienen un tamaño de grano predeterminado;
 - impregnar el material catalítico en partículas con una disolución acuosa de cloruro que comprende al menos una sal de cloruro y al menos una sal de hipoclorito;
 - proporcionar un gas que contiene cloro y suministrarlo a una zona de reacción;
 - 10 someter el material catalítico en partículas a un tratamiento de cloración en la zona de reacción a una temperatura predeterminada durante un período de tiempo predeterminado poniendo el material catalítico en partículas en contacto con el gas que contiene cloro para producir un cloruro volátil que contiene metal del grupo del platino;
 - aplicar un campo electromagnético al gas que contiene cloro en la zona de reacción para proporcionar la ionización del cloro; produciendo así una reacción química entre los metales del grupo del platino; y
 - 15 enfriar dicho producto de cloruro volátil que contiene metal del grupo de platino para convertir dicho producto de cloruro volátil que contiene metal del grupo del platino en materiales que contienen metal del grupo de platino en fase sólida.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde una concentración de dicha al menos una sal de cloruro en la disolución acuosa de cloruro está en el intervalo de aproximadamente 15 por ciento en peso a aproximadamente 20 40 por ciento en peso, mientras que una concentración de dicha al menos una sal de hipoclorito está en el intervalo de aproximadamente 5 por ciento en peso a aproximadamente 15% por ciento en peso.
3. El método acuerdo con la reivindicación 1, en donde las sales de cloruro se seleccionan de cloruros de metales alcalinos, cloruros de metales alcalinotérreos, cloruro de aluminio y/o cloruro de amonio, mientras que las sales de hipoclorito se seleccionan de sales de hipoclorito de metales alcalinos y/o sales de hipoclorito de metales 25 alcalinotérreos.
4. El método acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicha impregnación del material catalítico en partículas con la disolución acuosa de cloruro incluye empapar el material catalítico en partículas en la disolución acuosa de cloruro hasta impregnar el material catalítico en partículas.
5. El método acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho tamaño de grano predeterminado de dicho material catalítico en partículas está en el intervalo de 100 micrómetros a 300 mm; o la cantidad de cloro en el gas que contiene cloro está en el intervalo de 1 gramo a 200 gramos por cada kilogramo del catalizador gastado; o el gas que contiene cloro incluye cloro y aire atmosférico; o el gas que contiene cloro incluye cloro y oxígeno; o la temperatura predeterminada en la zona de reacción está en el intervalo de 300 grados Celsius a 1.100 grados Celsius; o el período de tiempo predeterminado para calentar el material catalítico en partículas está en el intervalo de 10 min a 120 min; o 35 una frecuencia del campo electromagnético aplicado a la zona de reacción está en el intervalo de 50 kHz a 12 GHz; o una irradiancia del campo electromagnético aplicado a la zona de reacción está en el intervalo de 0,1 kW/cm² hasta 10 kW/cm²; o la aplicación del campo electromagnético a la mezcla de gases que contiene cloro para proporcionar la ionización del cloro se lleva a cabo durante un período de tiempo en el intervalo de 5 min a 180 min.
6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el contenido de cloro en el gas que contiene cloro está en el intervalo de 0,1 por ciento en peso a 95 por ciento en peso, mientras que el contenido de oxígeno en el gas que contiene cloro está en el intervalo de 0,1 por ciento en peso a 25 por ciento en peso.
7. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho calentamiento del material catalítico en partículas en la zona de reacción se lleva a cabo simultáneamente con dicha aplicación de campo electromagnético al gas que contiene cloro.
8. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho suministro del gas que contiene cloro comprende proporcionar un material que contiene cloro y calentar dicho material que contiene cloro en una zona de producción de cloro a una temperatura de descomposición del material que contiene cloro, produciendo así la descomposición térmica del material que contiene cloro y que produce dicho gas que contiene cloro.
9. Método de acuerdo con la reivindicación 8, en donde dicho material que contiene cloro es un material en partículas seleccionado de hipoclorito de potasio, hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio, hipoclorito de magnesio, hipoclorito de bario, hipoclorito-cloruro de potasio, hipoclorito-cloruro de sodio, hipoclorito-cloruro de calcio, hipoclorito-cloruro de magnesio, hipoclorito-cloruro de bario, cloruro de potasio, cloruro de sodio, cloruro de amonio, cloruro de calcio, cloruro de magnesio, cloruro de bario, cloruro de aluminio, ácido clorhídrico y cualquier combinación de los mismos; o el material que contiene cloro es una composición de hipoclorito de calcio y cloruro de calcio; o el calentamiento del 50

material que contiene cloro se lleva a cabo a una temperatura en el intervalo de 150 grados Celsius a 400 grados Celsius; o dicho calentamiento de la mezcla para proporcionar la descomposición térmica del material que contiene cloro y producir la mezcla de gases que contiene cloro se lleva a cabo durante un período de tiempo en el intervalo de 5 min a 120 min.

5 10. El método de acuerdo con la reivindicación 9, en donde una cantidad de hipoclorito de calcio en dicha composición de hipoclorito de calcio y cloruro de calcio está en el intervalo de 5 por ciento en peso a 80 por ciento en peso.

11. Un aparato para la recuperación de metales del grupo del platino a partir de un catalizador gastado, que comprende:

un puerto de entrada de material catalítico en partículas;

10 un reactor de cloración con una zona de reacción;

un puerto de entrada de gas que contiene cloro;

un calentador;

un inductor electromagnético para proporcionar ionización de cloruro;

15 un puerto de salida de vapor que contiene metal del grupo platino y uno o más colectores de enfriamiento correspondientes a través de los cuales se libera un vapor que contiene metal del grupo platino procedente de la zona de reacción; en donde

20 un material catalítico en partículas se impregna con una disolución acuosa de cloruro que comprende al menos una sal de cloruro y al menos una sal de hipoclorito, se alimenta al puerto de entrada del material catalítico en partículas y se trata con gas que contiene cloro procedente del reactor clorado a una temperatura predeterminada por el calentador, dando lugar a una reacción química entre los metales del grupo platino y el gas que contiene cloro para producir un producto de cloruro volátil que contiene metales del grupo platino.

12. El aparato de acuerdo con la reivindicación 11, en donde el inductor electromagnético aplica un campo electromagnético a la mezcla de gas que contiene cloro y material catalítico en partículas; o en donde el gas que contiene cloro se proporciona desde un depósito de almacenamiento.

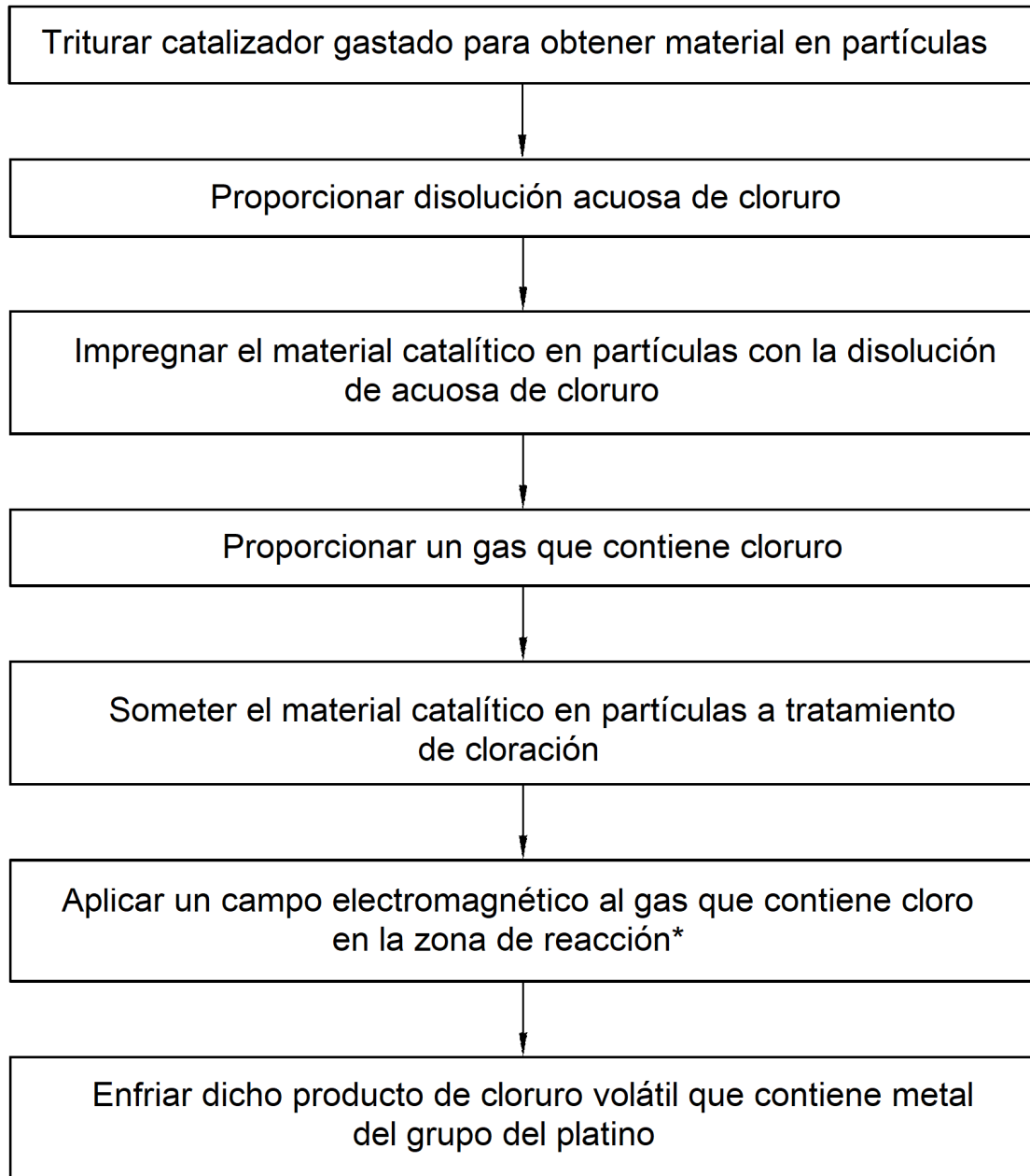


Fig. 1

*) para proporcionar ionización del cloro;
para producir así una reacción química
entre metales del grupo del platino

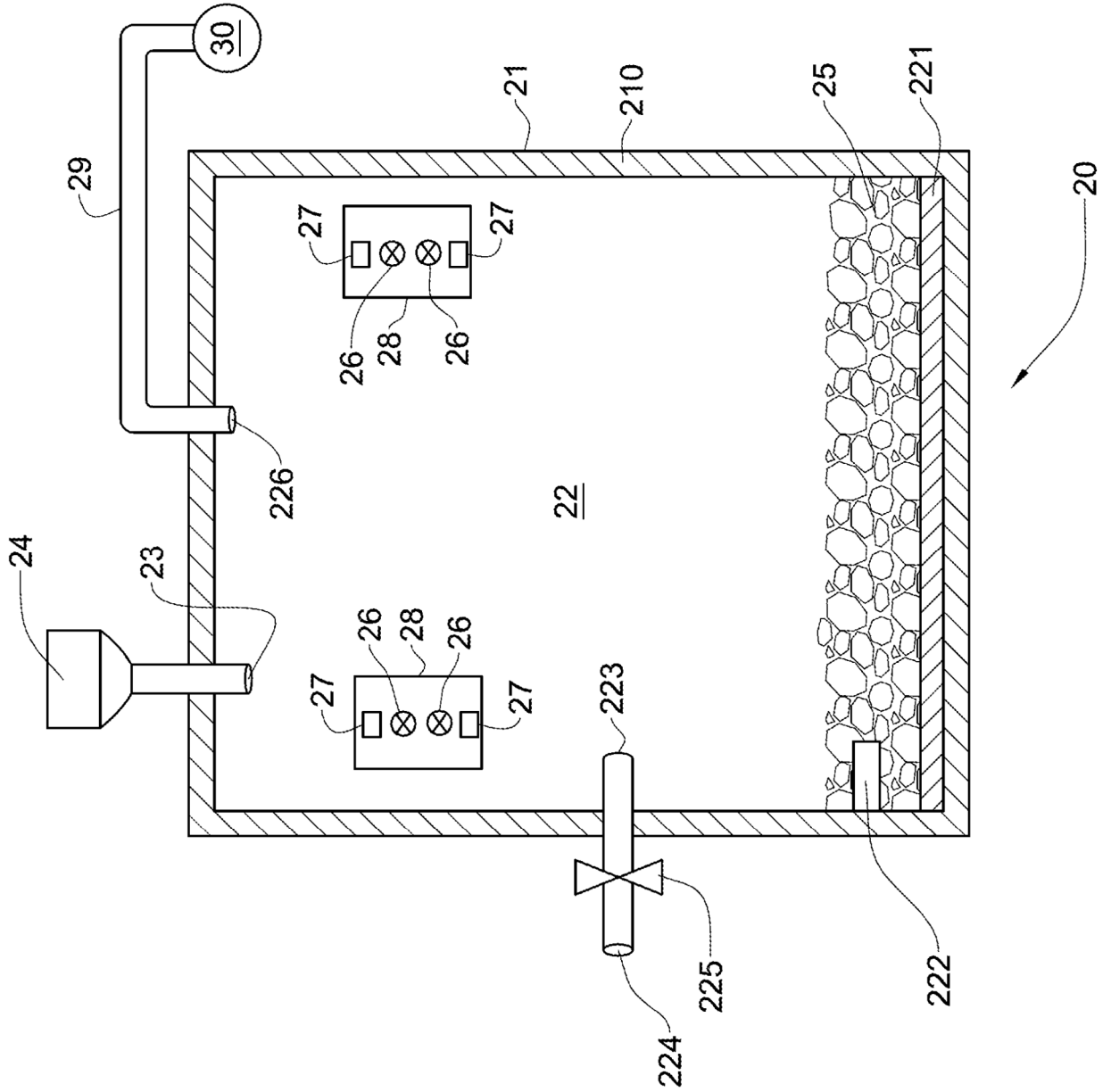


Fig. 2