REACTOR FUNGIBLE PARA EL PROCESAMIENTO DE BATERÍAS

CAMPO TÉCNICO

La presente divulgación se refiere al campo de la utilización integral de recursos de desecho. Particularmente se relaciona con reactores para el reciclaje de materiales, como baterías descargadas y baterías de desecho.

DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

Con el aumento de la cantidad y los tipos de uso de aparatos electrónicos portátiles, el consumo de baterías es cada vez mayor. La fabricación de baterías requiere materiales, como plomo, mercurio, cadmio, níquel, cobalto, manganeso, zinc, cobre, entre otros, cuya extracción, procesamiento y desecho pueden causar graves daños en el medio ambiente.

Teniendo en cuenta lo anterior, con el objetivo de mitigar los problemas relacionados con la alta demanda de baterías y promover su sostenibilidad, es necesario implementar diversas estrategias y enfoques para el aprovechamiento de dichos materiales. Una de dichas estrategias es la recuperación de materiales a partir de baterías usadas, por ejemplo, mediante procesos de extracción de metales a altas temperaturas.

El estado de la técnica reporta algunos documentos que se refieren a sistemas y procedimientos para el reciclaje de materiales de baterías como los divulgados en los documentos de patentes CN104789778B, CN102569838B, US11417893B2, y en el artículo "*Recycling Of Alkaline Batteries Via A Carbothermal Reduction Process*".

El documento CN104789778B divulga un método de recuperación y tratamiento de baterías viejas e inservibles que contienen manganeso. Dicho método comprende la etapa de preparar la batería que contiene manganeso, y, adicionalmente, preparar un agente formador de escoria, de modo que contenga silicio en una proporción de al menos 10 % w/w.

Adicionalmente, CN104789778B divulga una segunda etapa en la que la preparación que contiene manganeso y silicio, en una proporción de al menos 10 % w/w, se introduce en un horno de fundición, en donde se pueden incluir porciones de carbón mineral, y en donde las baterías pueden tener carcasas de aluminio.

Por su parte, el documento CN102569838B divulga un método para reciclar metales de baterías de desecho de la familia del manganeso, que utiliza de forma integral recursos metálicos de manganeso, hierro, zinc y litio mediante pirometalurgia para preparar productos como aleación de ferromanganeso, óxido de zinc y similares.

Particularmente, CN102569838B divulga una etapa que comprende fundir la materia prima de residuos de pilas A y la materia prima de residuos de pilas B en un horno de fusión y, a continuación, inyectar la materia prima de residuos junto con polvo de carbón, utilizando aire enriquecido con oxígeno para la fusión, a fin de producir una aleación de ferromanganeso.

Adicionalmente, CN102569838B divulga un ejemplo que comprende obtener residuos de baterías triturados a base de manganeso, formando un polvo del cual se funden 2000 g en un horno de fundición y, a continuación, se granulan 200 g de materia prima de residuos de hierro, que contiene un 82% de hierro y un 9% de manganeso. Posteriormente, se inyectan 1600 g de polvo de carbón en el horno de fundición, controlando la temperatura para que sea de 1500-1550 °C.

Por otra parte, el documento US11417893B2 divulga un método para reciclar pilas de baterías eléctricas usadas o desechadas, que incluyen compuestos reciclables, como hierro, zinc, manganeso, cobre y carbono fijo y volátil, así como metales pesados y compuestos peligrosos. En particular, las pilas de batería usadas o rechazadas se introducen como carga en un horno para fundir metal, como un horno de cubilote, un horno de arco libre o un horno de inducción.

Finalmente, el documento "*Recycling Of Alkaline Batteries Via A Carbothermal Reduction Process*" describe un proceso mediante el cual se obtiene la reducción carbotérmica del óxido de zinc, a partir de residuos de pilas. Particularmente, en "*Recycling Of Alkaline Batteries Via A Carbothermal Reduction Process*" se describe el uso de un contenedor cilíndrico que se introduce en un horno, el cual puede alcanzar temperaturas de 1400° C. Particularmente, durante el proceso, se utiliza coque para reducir el óxido de zinc.

Por lo tanto, y de acuerdo con los documentos anteriormente mencionados, si bien dichos documentos se relacionan con sistemas y métodos para reciclar baterías, dichos documentos no divulgan métodos para reciclar baterías que no requieran un elevado costo económico, ni una infraestructura tan elaborada.

BREVE DESCRIPCIÓN

La presente divulgación se refiere a un reactor fungible para el procesamiento de baterías. El reactor comprende una carcasa con al menos un agujero en su superficie, y al menos un contenedor dispuesto dentro de la carcasa, en donde dentro del contenedor se dispone una mezcla de materiales. Dicha mezcla de materiales comprende unos elementos que contienen óxidos metálicos y un material correspondiente a un agente reductor. Además, el reactor también comprende un relleno combustible dispuesto dentro de la carcasa y alrededor del

contenedor, en donde dicho relleno combustible permite generar condiciones reductoras dentro del reactor.

Particularmente, los elementos que contienen óxidos metálicos pueden ser baterías alcalinas trituradas, con una relación de entre 60% y 90% de la mezcla de materiales, y, además, el agente reductor dispuesto dentro del contenedor incluye ferrosilicio (Fe-Si), con una proporción de entre 2% y 8% w/w, y aluminio triturado, en forma de láminas de aluminio con una proporción de entre 6% y 18% w/w.

El reactor fungible tipo cápsula fue pensado para facilitar el reciclaje de pilas alcalinas desechadas por medio de procesos metalúrgicos, pero puede usarse en otros procesos similares para lograr incorporar otros residuos tipo óxido, dentro de los hornos de cubilote.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La FIG. 1 ilustra una vista frontal en corte de un reactor, en donde se representa un horno de cubilote que comprende una chimenea, una caja de viento, una tobera, una salida de escoria, una salida de metal, y una cama de coque, y en donde al interior de dicho horno se dispone dos reactores, cada uno comprende una carcasa.

La FIG. 2 ilustra una vista en detalle del reactor de la FIG. 1, en donde se representa una carcasa en donde al interior se dispone un contenedor, un relleno combustible al interior de la carcasa y alrededor del contenedor, y unos agujeros en un extremo superior de dicha carcasa.

La FIG. 3 ilustra una vista en detalle de la carcasa de la FIG. 2, en donde dentro de la carcasa se dispone un contenedor que contiene una mezcla de materiales, dicha mezcla de materiales comprende un agente reductor, compuesto de ferrosilicio (Fe-Si) y aluminio, y unos elementos, dichos elementos corresponden a unas baterías.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La presente divulgación se refiere a un reactor (1) fungible para el procesamiento de baterías. El reactor (1) comprende una carcasa (2) con al menos un agujero (3) en su superficie y al menos un contenedor (4) dispuesto dentro de la carcasa (2), en donde dentro de dicho contenedor (4) se dispone una mezcla de materiales. La mezcla de materiales comprende unos elementos (5) que contienen óxidos metálicos, y un material correspondiente a un agente reductor (6).

Adicionalmente, el reactor también comprende un relleno combustible (7) dispuesto dentro de la carcasa (2) y alrededor del contenedor (4), en donde dicho relleno combustible (7) permite generar condiciones reductoras dentro del reactor (1).

Para el entendimiento de la presente divulgación, la expresión "*condiciones reductoras*" hace referencia a un ambiente en donde predomina la falta de oxígeno o la presencia de elementos, o compuestos químicos que pueden ceder electrones en una reacción de reducción. En el caso de los óxidos metálicos más comunes, las reducciones pueden ocurrir a temperaturas por encima de 700° C a presión atmosférica, siendo lo usual que típicamente oscilen entre 1200° C y 1600° C en procesos que conduzcan a metales en estado líquido.

Por otro lado, y para el entendimiento de la presente divulgación se comprenderá por elementos (5) a todos aquellos componentes que incluyen compuestos o materiales que pueden ser reciclados que tienen diferentes tipos de metales, por ejemplo, compuestos que incluyen metales tales como manganeso y zinc. Otro ejemplo de elementos (5) puede ser baterías trituradas.

Particularmente, los elementos (5) pueden incluir óxidos metálicos tales como, por ejemplo, dióxido de manganeso y óxido de zinc. Particularmente, los elementos (5) dispuestos dentro del contenedor (4) pueden ser baterías las cuales ya cumplieron su vida útil, están descargadas y son utilizadas como material de desecho, es decir, ya no tienen uso como batería. Haciendo referencia a la FIG. 3, en una modalidad de la presente divulgación, los elementos (5) dispuestos dentro de del contenedor (4) son baterías alcalinas.

Adicionalmente, los elementos (5) también pueden comprender componentes que han sido procesados previamente, por ejemplo, pueden ser componentes que han tenido un proceso físico de transformación, por ejemplo, componentes que han tenido un proceso de separación, de trituración, o de compactación.

De acuerdo con lo anterior, en una modalidad de la presente divulgación, los elementos (5) dispuestos dentro de del contenedor (4) comprenden baterías alcalinas trituradas, en donde dichas baterías trituradas pueden contar con una relación de entre 60% y 90% de la mezcla de materiales dispuestos dentro del contenedor (4). El uso de baterías trituradas permite la recuperación de materiales presentes en dichas baterías, por ejemplo, manganeso y zinc, sin que la variedad de diseños (v.gr. baterías alcalinas tipo AA, AAA, C, D, o 9V) sean un factor determinante en el proceso de recuperación de materiales. Adicionalmente, en comparación con otra composición diferente de contenido de baterías trituradas, el hecho de que dichas baterías alcalinas trituradas puedan contar con una relación entre 60% y 90% de la mezcla de materiales dispuestos dentro del contenedor (4) garantiza las proporciones estequiométricas

adecuadas para que ocurran reacciones de reducción, considerando la composición química típica de las baterías alcalinas.

Por otro lado, para el entendimiento de la presente divulgación se comprenderá que el agente reductor (6) es un material, o una combinación de diferentes materiales que interactúan con los elementos (5) bajo diferentes condiciones de temperatura y presión para generar reacciones de reducción. En este caso, el agente reductor (6) pueden ser un elemento, o compuesto químico, que permite la reducción o metalización de las cargas oxidadas de los materiales de los elementos (5), por ejemplo, cuando dichos elementos (5) son baterías alcalinas trituradas.

En particular, el agente reductor (6) dispuesto dentro del contenedor (4) puede comprender un material que se selecciona del grupo conformado por aluminio, silicio, calcio, magnesio, hierro, zinc, manganeso, níquel, ferrosilicio (Fe-Si), material carbonoso, y materiales equivalentes conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinación de los anteriores.

Haciendo referencia a la FIG. 3, en una modalidad de la presente divulgación, el agente reductor (6) está conformado por una pluralidad de materiales los cuales incluyen: ferrosilicio (6a) (Fe-Si) dispuesto dentro del contenedor (4) con una proporción de entre 2% y 8% w/w, y aluminio (6b) dispuesto dentro del contenedor (4) con una proporción de entre 6% y 18% w/w. La composición anterior permite que se alcance la cantidad estequiométricamente necesaria de agentes reductores para que reaccionen con la cantidad típica de óxidos de manganeso y zinc presentes dentro de las baterías alcalinas desechadas, lo cual no ocurre de la misma manera cuando los componentes del agente reductor (6) son distintos. Esto puede verse a través de las siguientes reacciones:

(A) $MnO_2 + Si = Mn + SiO_2$

(B) $3\ MnO_2 + 4\ Al = 3\ Mn + 2\ Al_2O_3$

(C) $MnO_2 + 2\ C = Mn + 2\ CO$

(D) $2\ ZnO + Si = 2\ Zn + SiO_2$

(E) $3\ ZnO + 2\ Al = 3\ Zn + Al_2O_3$

(F) $ZnO + C = Zn + CO$

Los materiales que conforman el agente reductor (6) también pueden ser materiales que han sido procesados previamente, por ejemplo, pueden ser materiales reciclados o materiales que han tenido un proceso físico de transformación, por ejemplo, materiales que han tenido un proceso de separación, de trituración, o de compactación. En una modalidad de la presente divulgación, cuando el agente reductor (6) comprende aluminio (6b), este puede ser aluminio triturado en forma de láminas con un espesor entre 0,5 mm y 3 mm. En una modalidad de la

presente divulgación, el aluminio (6b) puede ser aluminio triturado en forma de láminas de aluminio que cuentan con hasta 1 mm de espesor. El hecho que dichas láminas tengan 1mm de espesor permite generar rápidamente un charco de aluminio líquido que rodea a la carga de óxido de manganeso y óxido de zinc de las baterías desechadas en comparación con láminas más gruesas, por otro lado, permite reducir el riesgo de explosión que significaría usar aluminio en polvo, el cual es más reactivo que las láminas de aluminio.

En una modalidad de la presente divulgación, los elementos (5) que contienen óxidos metálicos pueden ser baterías alcalinas trituradas con una relación de entre 60% y 90% de la mezcla de materiales. Adicionalmente, el agente reductor (6) dispuesto dentro del contenedor (4) puede incluir ferrosilicio (6a) (Fe-Si) en una proporción de entre 2% y 8% w/w, y aluminio (6b) triturado en forma de láminas de aluminio en una proporción de entre 6% y 18% w/w.

De acuerdo con la presente divulgación, puede usarse un método para procesar baterías usando un reactor fungible. El método comprende una etapa inicial de preparar una carga de la mezcla de materiales que comprende los elementos (5) y el agente reductor (6). A continuación, una segunda etapa de disponer dicha carga de la mezcla de materiales al interior del contenedor (4), en donde el contenedor (4) cargado con la mezcla de materiales se dispone dentro de la carcasa (2), y el relleno combustible (7) se dispone dentro de la carcasa (2) y alrededor del contenedor (4).

Posteriormente, se tiene una tercera etapa que consiste en disponer la carcasa (2) dentro de un horno (8) el cual está lleno de un material combustible, por ejemplo, una cama de coque (15). Una vez la carcasa (2) se encuentra dentro del horno (8), sigue una cuarta etapa de generar un proceso de combustión en la cama de coque (15), logrando que tanto la carcasa (2) como el contenedor (4) se calienten, lo que permite crear microcondiciones de reducción al ingresar estas cargas al horno (8).

Para el entendimiento de la presente divulgación, el término "*microcondiciones*" hace referencia a condiciones específicas de temperatura, presión y composición local en un espacio donde ocurre una reacción. Por ejemplo, dichas microcondiciones pueden ser, más no se limitan a, una temperatura superior a 1200° C, en ausencia de oxígeno y en donde la presión es atmosférica.

El hecho de que el contenedor (4) esté dentro de la carcasa (2) en el horno (8) permite que el contenedor (4) sobreviva durante parte del proceso sin fundirse. Adicionalmente, el hecho de que la mezcla de materiales que comprende los elementos (5) y el agente reductor (6) se encuentre al interior del contenedor (4), permite que la mezcla de materiales no se disperse dentro de zonas más oxidantes del horno (8). De esta manera, se previene que la carga de

óxidos pase directamente a la escoria del horno (8) y que, por tanto, los componentes metalizados transiten sin re-oxidarse dentro del horno (8) hasta una zona de fusión, en donde pueden incorporarse con facilidad en el metal fundido para generar una aleación.

De acuerdo con lo anterior, cuando la carcasa (2) y el contenedor (4) se calientan, los elementos (5) y el agente reductor (6), que conforman la mezcla de materiales dispuesta dentro de dicho contenedor (4), pueden interactuar entre sí, por ejemplo, mediante reacciones de reducción. Dichas reacciones permiten que una parte de los compuestos o materiales de los elementos (5) se metalicen, por lo que pueden incorporarse en una aleación obteniendo así productos del proceso correspondiente con materiales resultantes, los cuales pueden ser utilizados posteriormente.

Al finalizar el proceso, una vez el contenedor (4) ha cumplido su labor, este desaparece dentro del horno (8) debido a las altas temperaturas, de esta manera, todos los componentes del reactor (1) terminan haciendo parte de los productos del proceso. En este sentido, el reactor (1) sirve como un reactor fungible en donde la carcasa (2) se puede disponer dentro de un horno (8) pirometalúrgico, lo que permite la recuperación de elementos y compuestos químicos contenidos en los elementos (5), por ejemplo, en el caso de las baterías alcalinas, puede permitir la recuperación de manganeso y zinc.

Haciendo referencia a las FIGs. 2 y 3, la carcasa (2) conforma un volumen cerrado, similar a una cápsula, configurado para albergar el contenedor (4), en donde se encuentran los elementos (5) y el agente reductor (6).

Preferiblemente, la carcasa (2) es de un material que soporta temperaturas superiores a los 1500º C. Lo anterior permite que el tiempo de residencia de la carcasa (2) en el horno (8), cuando hay un proceso de combustión, sea suficiente para alcanzar las condiciones de reducción al interior del contenedor (4). Adicionalmente, al ser la carcasa (2) de un material que soporta temperaturas superiores a los 1500º C, se logra que la carcasa (2) no se destruya antes de que se generen las reacciones de reducción en dicho contenedor (4).

De acuerdo con lo anterior, el material de la carcasa (2) puede seleccionarse del grupo conformado por metales ferrosos, acero al carbono, fundiciones de hierro, hierro galvanizado, aceros al cromo, aceros al cromo-níquel, aceros al cromo-níquel-titanio, aleación de níquel-cromo-molibdeno-tungsteno, aleaciones ferrosas al cromo-molibdeno, acero inoxidable 301, acero inoxidable 302, acero inoxidable 304, acero inoxidable 316, acero inoxidable 405, acero inoxidable 410, acero inoxidable 430, acero inoxidable 442, acero aleado con manganeso, metales con una temperatura de fusión mayor a 1530º C, materiales equivalentes conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinación de los anteriores.

Haciendo referencia a la FIG. 2, la carcasa (2) puede tener una forma tridimensional oblonga, lo que permite que se pueda disponer de forma vertical dentro de un horno (8) . Por ejemplo, la carcasa (2) puede tener una forma de prisma rectangular, o una forma cilíndrica y puede ser dispuesta de forma vertical dentro de un horno de cubilote

En una modalidad de la presente divulgación, y haciendo referencia a la FIG. 2, la carcasa (2) tiene una forma cilíndrica y está dispuesta de forma vertical dentro del horno (8), lo que permite que dicha carcasa (2) permanezca en una posición vertical y que se puedan almacenar más de una carcasa (2) dentro de dicho horno (8).

Adicionalmente, la carcasa (2) puede tener una superficie externa la cual cuenta con al menos un agujero (3). El hecho que la carcasa (2) tenga una superficie externa con al menos un agujero (3), permite liberar la presión de los gases que se generan dentro de la carcasa (2) cuando esta alberga el contenedor (4) y el relleno combustible (7), y cuando dicha carcasa (2) está sometida a altas temperaturas.

En una modalidad de la presente divulgación y haciendo referencia a las FIGs. 2 y 3, la carcasa (2) tiene una forma cilíndrica y cuenta con una superficie inferior de apoyo configurada para apoyarse sobre una superficie, una superficie superior y una superficie intermedia dispuesta entre la superficie inferior y la superficie superior.

Particularmente, haciendo referencia a la FIG. 2, dicha superficie intermedia cuenta con una sección superior de la superficie externa de la carcasa (2) en donde se pueden disponer de entre dos a cuatro agujeros (3), lo que permite que por dichos agujeros se libere la presión producida dentro de la carcasa (2).

Dentro de la carcasa (2) se dispone el relleno combustible (7) y el contenedor (4), ambos componentes corresponden a entre 80% y 90% del volumen interno total de la carcasa (2). Lo anterior permite que el volumen restante de la carcasa (2) pueda disponerse en su sección superior, que es donde están dispuestos los agujeros (3), y que, a su vez, dicha sección superior no cuente con relleno combustible (7). De acuerdo con una modalidad de la presente divulgación, al interior de la carcasa (2) puede disponerse más de un contenedor (4).

Además, la configuración anterior también permite que el relleno combustible (7) no se salga por dichos agujeros (3) y facilita liberar la presión que se genera dentro de la carcasa (2) cuando es sometida a diferentes temperaturas dentro del horno (8).

Por su parte, el relleno combustible (7) dispuesto dentro de la carcasa (2) y alrededor del contenedor (4), permite generar condiciones reductoras dentro del reactor (1).

Particularmente, el relleno combustible (7) puede comprender partículas de carbón vegetal con un tamaño entre 0,5 cm y 1 cm. Además, dicho relleno combustible (7) tiene en una relación 1:10 w/w con respecto a los elementos (5) dispuestos dentro del contenedor. Por ejemplo, cuando los elementos (5) dispuestos dentro del contenedor (2) son baterías, el relleno combustible (7) tiene una relación 1:10 w/w con respecto a la cantidad de baterías.

Por otro lado, y haciendo referencia a la FIG. 3, el contenedor (4) es un recipiente cerrado, configurado para almacenar los elementos (5) y el agente reductor (6).

Al ser el contenedor (4) un recipiente cerrado, es posible reducir los tiempos de las reacciones de los elementos (5) en conjunto con el agente reductor (6) dentro del contenedor (4). Lo anterior es posible dado que, al encontrarse la carcasa (2) con el contenedor (4) dentro del horno (8), se pueden crear microcondiciones de reducción relacionadas con la temperatura y la presión al interior del contenedor (4). Por ejemplo, dichas microcondiciones pueden ser, más no se limitan a, una temperatura superior a 1200° C, en ausencia de oxígeno y en donde la presión es atmosférica.

El contenedor (4) puede tener una forma que se selecciona del grupo conformado por prismas, prismas rectangulares, cilindros, formas equivalentes conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinación de los anteriores.

Por otro lado, el horno (8) es un equipo diseñado para generar y mantener altas temperaturas con el propósito de calentar, fundir, secar o realizar otras operaciones térmicas en diferentes materiales o productos. En el presente caso, el horno (8) permite calentar la carcasa (2), como se indicó anteriormente, para luego calentar el contenedor (4) y generar condiciones de reducción entre los materiales que están dentro de dicho contenedor (4). La generación de condiciones de reducción permite la metalización de los compuestos o materiales de los elementos (5), por lo cual, se facilita la recuperación de dichos compuestos o materiales, es decir, su reciclaje.

El horno (8) se selecciona del grupo conformado por horno de cubilote, horno de reverbero, horno de crisol, horno de arco eléctrico, horno de inducción, horno de túnel, y hornos conocidos por una persona medianamente versada en la materia.

En una modalidad de la presente divulgación y haciendo referencia a la FIG. 1, el horno (8) es un horno de cubilote.

Los hornos de cubilote son equipos utilizados usualmente para llevar a cabo procesos pirometalúrgicos, por ejemplo, producir hierros fundidos. En dichos hornos de cubilote se emplea la combustión como fuente principal de energía para producir la fundición de un

material, por ejemplo, chatarra ferrosa, o la aleación de diferentes materiales, por ejemplo, un horno de cubilote puede usar la combustión del coque para producir una aleación de hierro en estado líquido.

Particularmente, el horno (8) puede estar conformado por una estructura cilíndrica con una cavidad en donde se disponen los metales que se van a fundir. Dicha estructura cilíndrica está dispuesta de forma vertical, en donde dicha estructura cuenta en un extremo superior con una chimenea (10). Además, en una pared del extremo superior, el horno (8) cuenta con una entrada (9) de material. Dicho horno (8) también cuenta con una sección intermedia con una perforación conectada con una tobera (12) conectada con una caja de viento (11), en donde dicha tobera (12) permite la entrada de aire hacia dentro de la cavidad del horno (8). La caja de viento (11) puede ser un fuelle que permite que un flujo de aire se desplace desde la tobera (12) hacia la cavidad del horno (8). Dicha tobera (12) permite la entrada de aire para mantener la combustión y la temperatura adecuada para la fundición.

El horno (8) también puede contar con un extremo inferior que incluye una abertura correspondiente a una salida de metal (14), y con una salida de escoria (13). Dicha salida de escoria (13) se encuentra a una altura superior con respecto a la salida de metal (14) en la estructura del horno (8).

Particularmente, durante el proceso de fundición dentro del horno (8) se forma escoria, que es una capa de impurezas que flota sobre el metal fundido. La escoria se retira periódicamente a través de la salida de escoria (13) para mantener la calidad del metal fundido. Por su parte, dicho metal fundido dentro de la cavidad del horno (8), se retira a través de la salida de metal (14) ubicada en la base del horno (8).

Por lo tanto, cuando el horno (8) cuenta con la anterior configuración, dentro del horno (8) se dispone un material de combustión, por ejemplo, una cama de coque (15). Luego, dentro de dicho horno (8) se dispone la carcasa (2), y dentro de la carcasa (2) se dispone el relleno combustible (7) y el contenedor (4). Por su parte, dicho contenedor (4) contiene en su interior los elementos (5), como baterías trituradas de desecho, y el agente reductor (6) que puede incluir ferrosilicio (6a) (Fe-Si) y aluminio (6b).

En una modalidad de la presente divulgación, dentro del horno (8) puede disponerse un material de combustión, por ejemplo, una cama de coque (15), como, coque metalúrgico; un aditivo, por ejemplo, cal o un agente escorificante como la piedra caliza; y chatarra ferrosa. Luego, dentro de dicho horno (8) se dispone la carcasa (2), y dentro de la carcasa (2) se dispone el relleno combustible (7) y al menos un contenedor (4). Por su parte, el al menos un contenedor (4) contiene en su interior los elementos (5), como baterías trituradas de desecho, y el agente reductor (6) que puede incluir ferrosilicio (6a) (Fe-Si) y aluminio (6b).

Una vez la carcasa (2) se encuentra al interior del horno (8), se inicia un proceso de combustión dentro del horno (8), lo que permite que aumente la temperatura de la carcasa (2) y, por ende, ayudada por la acción del relleno combustible (7), la temperatura del contenedor (4) aumenta, alcanzando las condiciones de microrreducción adecuadas para la reducción de óxidos metálicos (v.gr. óxido de manganeso y óxido de zinc). Por ejemplo, dichas microcondiciones pueden ser, más no se limitan a, una temperatura superior a 1200° C, en ausencia de oxígeno y en donde la presión es atmosférica.

De acuerdo con lo anterior, el hecho que exista un aditivo escorificante, y chatarra ferrosa al interior del horno (8) permite que pueda producirse una aleación de hierro en estado líquido y una escoria que incluye compuestos no metálicos.

Teniendo en cuenta que el contenedor (4) se dispone dentro de la carcasa (2), la destrucción del contenedor (4) por efecto del calor generado es más lenta en comparación con el tiempo en el que se destruye un contenedor (4) cuando no existe dicha carcasa (2).

La configuración descrita anteriormente permite que se produzcan reacciones químicas al interior del contenedor (4). Dichas reacciones químicas se favorecen de las altas temperaturas y la generación de condiciones reductoras localizadas, o microcondiciones, al interior del contenedor (4), y son ayudadas por la acción del relleno combustible (7).

En particular, cuando se generan condiciones reductoras al interior del contenedor (4), en donde se encuentran los elementos (5) que contienen óxidos metálicos e interactúan con el agente reductor (6), se produce una reacción de reducción que permite la metalización de dichos óxidos contenidos en los elementos (5). Lo anterior permite la formación de un material resultante, por ejemplo, una aleación, el cual sale a través de la salida de metal (14) del horno (8), para su reutilización.

EJEMPLOS

<u>EJEMPLO 1</u>

Se desarrolló un reactor (1) fungible para la reutilización de baterías, que comprende:

- una carcasa (2), con una forma cilíndrica, con tres agujeros (3) en un extremo superior de la superficie de dicha carcasa (2);
- un contenedor (4) con una forma prismática dispuesto dentro de la carcasa (2).

Dentro de dicho contenedor (4) se dispone una mezcla de materiales que comprende:

- unos elementos (5) correspondientes a baterías alcalinas trituradas;

– un material correspondiente a un agente reductor (6). Dicho agente reductor (6) corresponde a ferrosilicio (6a) (Fe-Si), aluminio (6b); y

– un relleno combustible (7) dispuesto dentro de la carcasa (2) y alrededor del contenedor (4). Dicho relleno combustible (7) comprende partículas de carbón vegetal con un tamaño entre 0,5 cm y 1 cm.

Además, las baterías alcalinas trituradas cuentan con una relación de entre 60% y 90% de la mezcla de materiales dispuestos dentro del contenedor (4). Por su parte, el ferrosilicio (6a) (Fe-Si) dispuesto dentro del contenedor (4) cuenta con una proporción de entre 2% y 8%w/w, mientras que el aluminio (6b) cuenta con una proporción de entre 6% y 18% w/w, de la mezcla de materiales dispuestos dentro del contenedor (4).

En dicho EJEMPLO 1, la carcasa (2) se dispuso dentro de un horno (8) de cubilote. El reactor (1) fungible tipo cápsula de dicho EJEMPLO facilita el reciclaje de pilas alcalinas desechadas en procesos metalúrgicos, pero puede usarse en otros procesos similares para lograr incorporar otros residuos tipo óxido, dentro de los hornos de cubilote

Además, dicho EJEMPLO 1 permite tratar 1,5 kg de baterías. Esta configuración permite que el óxido de manganeso y el óxido de zinc, presente en dichas pilas alcalinas, entre en contacto íntimo, sin dispersarse prematuramente, dentro de las zonas más oxidantes del horno (8) de cubilote. Esto asegura que las cargas no metálicas (MnO_2 y ZnO) reaccionen con el silicio, el aluminio y el carbón vegetal, en un microambiente reductor, facilitando que ocurran las siguientes reacciones químicas:

(A) $MnO_2 + Si = Mn + SiO_2$

(B) $3\ MnO_2 + 4\ Al = 3\ Mn + 2\ Al_2O_3$

(C) $MnO_2 + 2\ C = Mn + 2\ CO$

(D) $2\ ZnO + Si = 2\ Zn + SiO_2$

(E) $3\ ZnO + 2\ Al = 3\ Zn + Al_2O_3$

(F) $ZnO + C = Zn + CO$

Por tanto, el reactor (1) fungible tipo cápsula de dicho EJEMPLO 1 permite mejorar el índice de reciclabilidad de las pilas alcalinas en los hornos de cubilote, en comparación con que fuesen añadidas las baterías a granel dentro del horno, junto con el resto de los ingredientes de la carga. Por ejemplo, se realizaron pruebas empleando el reactor (1) fungible tipo cápsula de la presente divulgación, las cuales indicaron que el contenido de manganeso de la aleación producida por el horno de cubilote puede incrementarse hasta 2,3 veces su valor inicial. Por otro lado, los hornos de cubilote no son equipos pensados, para el reciclaje de este tipo de residuos, por lo que la implementación de la carcasa (2) en conjunto con el contenedor (4)

permite cambiar esta situación, haciendo que este tipo de equipos, se conviertan en hornos para el tratamiento eficiente de residuos de baterías.

EJEMPLO 2

Se desarrolló un reactor (1) fungible para la reutilización de baterías, que comprende:

- una carcasa (2), conformada por un cilindro de acero de bajo carbono con una tapa superior que entra a presión, hecha del mismo material; el cilindro tiene un diámetro de 173 mm, una altura de 203 mm y un espesor de pared de 0,25 mm. La carcasa (2) tiene 4 agujeros (3) de 5 mm de diámetro, ubicados 2 cm debajo del borde de la carcasa (2) cuando está sin tapa, y distribuidos en dicha carcasa (2) de manera equidistante en la periferia del cilindro;
- un contenedor (4) con una forma prismática de dimensiones 120 mm x 100 mm x 25 mm, recubierto con aluminio (6b) laminado con un espesor de 1 mm dispuesto dentro de la carcasa (2).

Dentro de dicho contenedor (4) se dispone una mezcla de materiales que comprende:

- unos elementos (5) correspondientes a baterías alcalinas trituradas con un peso de 250 g;
- un material correspondiente a un agente reductor (6). Dicho agente reductor (6) corresponde a ferrosilicio (6a) (Fe-Si) con un peso de 13,75 g, aluminio (6b) con un peso de 31,25 g, cortado en trozos de 45 mm x 45 mm y 1 mm de espesor; y
- un relleno combustible (7) dispuesto dentro de la carcasa (2) y alrededor del contenedor (4). Dicho relleno combustible (7) comprende partículas de carbón vegetal con un tamaño entre 0,5 cm y 1 cm;

en donde la mezcla de materiales se ordena dentro del contenedor en forma de capas, la primera capa es de aluminio (6b), la segunda capa es de baterías alcalinas trituradas (5) y la tercera capa es de Fe-Si (6a), repitiendo el proceso hasta completar la altura del contenedor (4).

Dentro de cada carcasa (2) cilíndrica, se acomodan seis contenedores (4). Entre cada contenedor (4) se coloca carbón vegetal triturado con tamaño de partícula entre 5 mm y 10 mm. El total de carbón vegetal en cada contenedor es de 150 g. Para garantizar que entre el 10 % y el 20 % de la parte superior de la carcasa (2) quede vacía, los contenidos de la carcasa (2) se comprimen con ayuda de una prensa hidráulica, teniendo por restricción que las paredes de la carcasa (2) no se expandan ni que los contenedores (4) se rompan, esparciendo su contenido dentro del reactor (1) fungible.

Por su parte, se preparó un horno (8), correspondiente a un horno de cubilote. Dicho horno (8) con un diámetro de 60 cm y 4 m de altura. El balance de cargas del horno (8) consistió en: 360 kg de chatarra de hierro fundido seleccionado de piezas automotrices desechadas (tambores y discos de freno); el equivalente a 40,5 kg de baterías desechadas añadidas bajo la forma de reactores (1) fungibles; 20 kg de piedra caliza como agente escorificante; 49,8 kg de coque metalúrgico y 33,2 kg de carbón vegetal, como combustibles para el funcionamiento del horno (8). La chatarra elegida es de bajo contenido en manganeso, por tanto, la efectividad del reciclaje de la batería se mide en términos del incremento en el porcentaje de manganeso de la aleación producida.

Comparando la aleación obtenida con la fusión de la chatarra sin la adición de baterías, el contenido en manganeso de la fusión de la chatarra sin la adición de baterías fue de 0,51 %, determinada mediante ensayos de espectroscopía de emisión óptica por excitación por chispa eléctrica. Por su parte, bajo las mismas condiciones operativas, al adicionar las baterías al proceso dentro de los reactores (1) fungibles, el contenido en manganeso en la aleación producida alcanzó 1,18 %. Esto significa un incremento de 2,3 veces el contenido inicial de manganeso en la aleación.

En condiciones similares, la adición de las baterías alcalinas desechadas a granel, es decir, sin el uso del reactor (1) fungible, produce la disminución del contenido de manganeso de la aleación producida y el incremento del contenido de manganeso en la escoria del proceso, mostrando que el reactor (1) fungible mejora las condiciones de reducción (metalización) del manganeso contenido en las baterías desechadas y su recuperación en forma de aleación base hierro.

Se debe entender que la presente invención no se halla limitada a las modalidades descritas e ilustradas, pues como será evidente para una persona versada en el arte, existen variaciones y modificaciones posibles que no se apartan del espíritu de la invención, el cual solo se encuentra definido por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un reactor (1), que comprende:

– Una carcasa (2) con al menos un agujero (3) en su superficie;

– al menos un contenedor (4) dispuesto dentro de la carcasa (2), en donde dentro de dicho contenedor (4) se dispone una mezcla de materiales que comprende:

- unos elementos (5) que contienen óxidos metálicos; y
- un material correspondiente a un agente reductor (6); y

– un relleno combustible (7) dispuesto dentro de la carcasa (2) y alrededor del contenedor (4), en donde dicho relleno combustible (7) permite generar condiciones reductoras dentro del reactor (1).

2. El reactor de la Reivindicación 1, en donde el reactor (1) es un reactor fungible y la carcasa (2) está dispuesta dentro de un horno (8) pirometalúrgico.

3. El reactor de la Reivindicación 1, en donde los elementos (5) dispuestos dentro del contenedor (4) son baterías.

4. El reactor de la Reivindicación 3, en donde el relleno combustible (7) tiene en una relación 1:10 w/w con respecto a la cantidad de baterías.

5. El reactor de la Reivindicación 4, en donde los elementos (5) dispuestos dentro de del contenedor (4) son baterías alcalinas trituradas con una relación de entre 60% y 90% de la mezcla de materiales.

6. El reactor de la Reivindicación 1, en donde el agente reductor (6) incluye ferrosilicio (6a) dispuesto dentro del contenedor (4) con una proporción de entre 2% y 8% w/w.

7. El reactor de la Reivindicación 6, en donde el agente reductor (6) incluye aluminio (6b) dispuesto dentro del contenedor (4) con una proporción de entre 6% y 18% w/w.

8. El reactor de la Reivindicación 7, en donde el aluminio (6b) dispuesto dentro del contenedor (4) es aluminio triturado en forma de láminas de aluminio que cuentan con hasta 1 mm de espesor.

9. El reactor de la Reivindicación 1, en donde el relleno combustible (7) comprende partículas de carbón vegetal con un tamaño entre 0,5 cm y 1 cm.

10. El reactor de la Reivindicación 1, en donde la carcasa (2) cuenta con un extremo superior, en donde en dicho extremo superior se disponen la pluralidad de agujeros (3).

11. El reactor de la Reivindicación 2, en donde el horno (8) es un horno de cubilote.

RESUMEN

La presente divulgación se refiere a un reactor fungible, que comprende una carcasa con una pluralidad de agujeros en su superficie, y al menos un contenedor dispuesto dentro de la carcasa, en donde dentro de dicho contenedor se dispone una mezcla de materiales. Dicha mezcla comprende entre 60% y 90% de baterías alcalinas trituradas, entre 2% y 8% de ferro silicio, y entre 6% y 18% de aluminio triturado. Además, el reactor comprende un relleno combustible dispuesto dentro de la carcasa y dispuesto alrededor del contenedor, en donde, el relleno combustible reductor comprende partículas de carbón vegetal.

FIGURAS

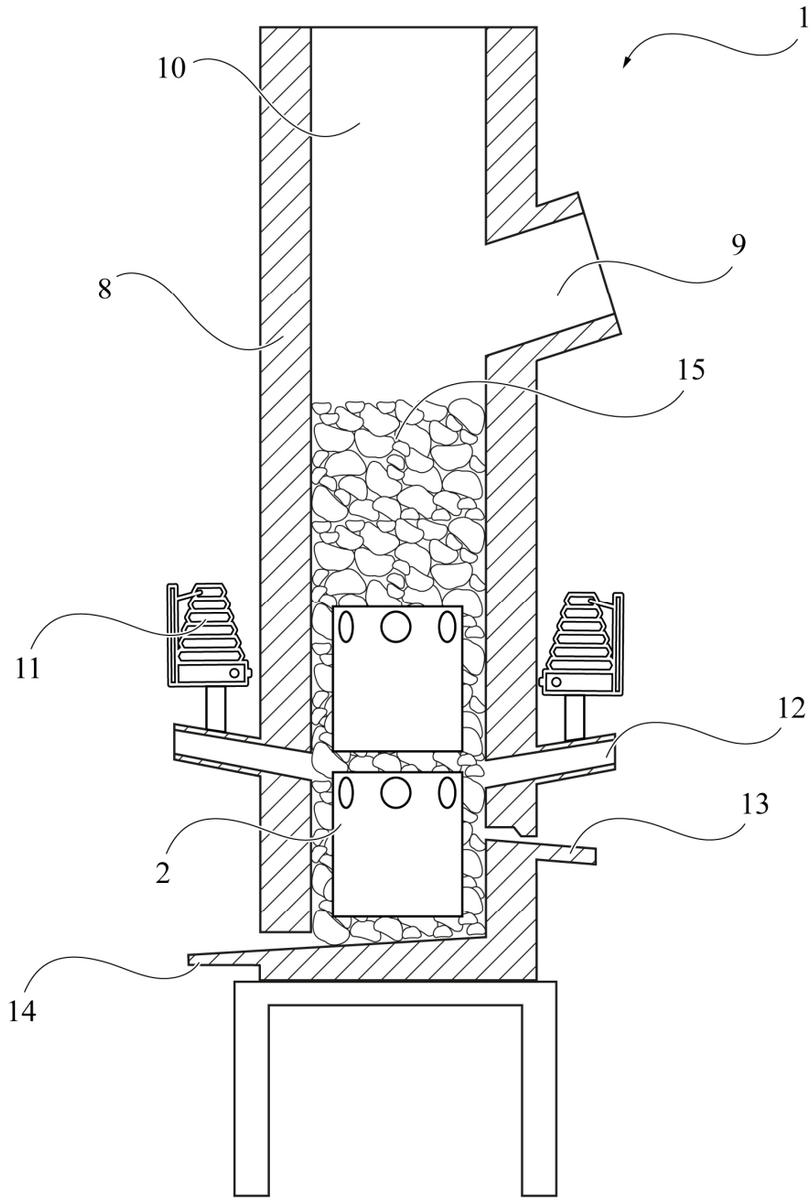

FIG. 1

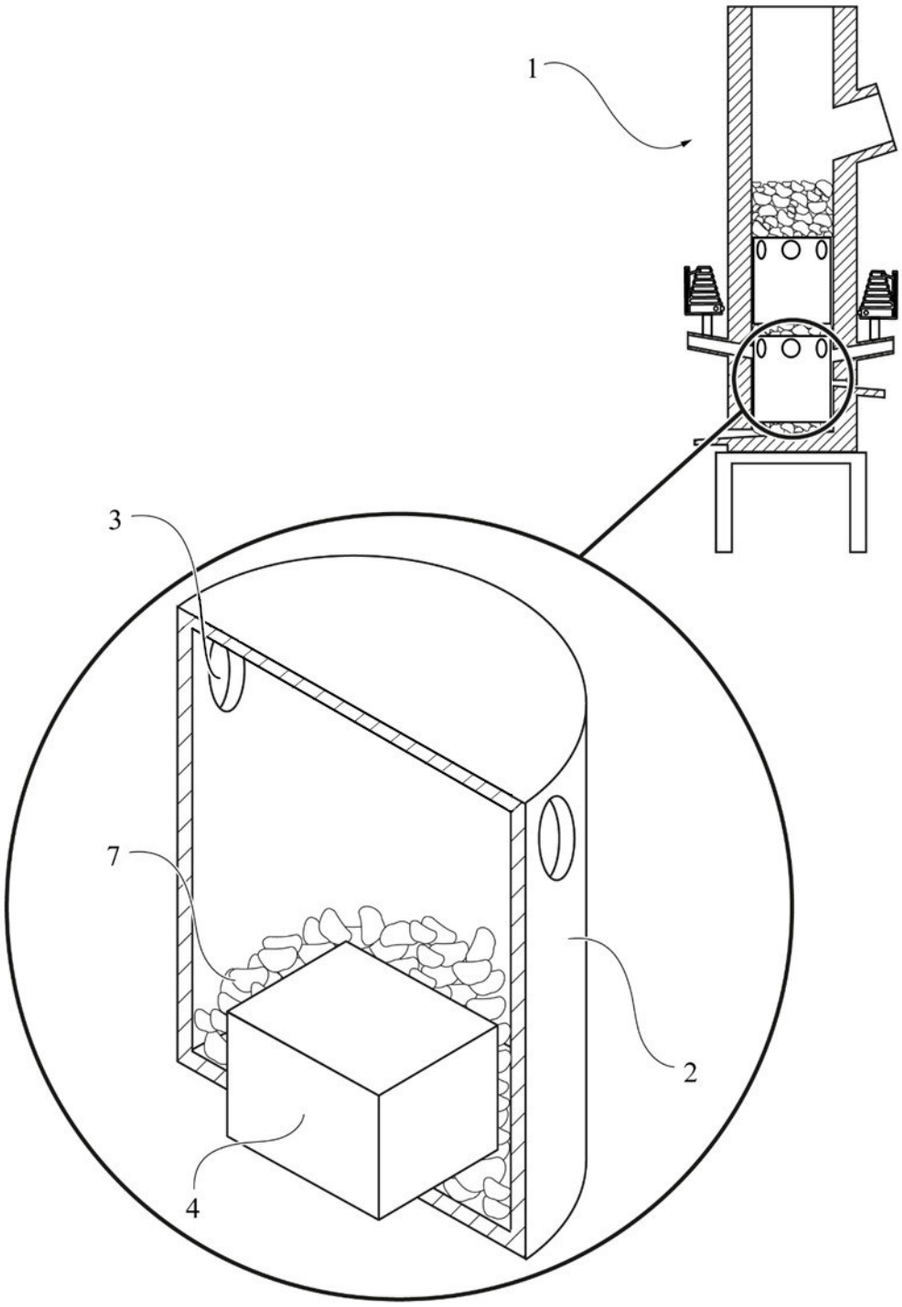

FIG. 2

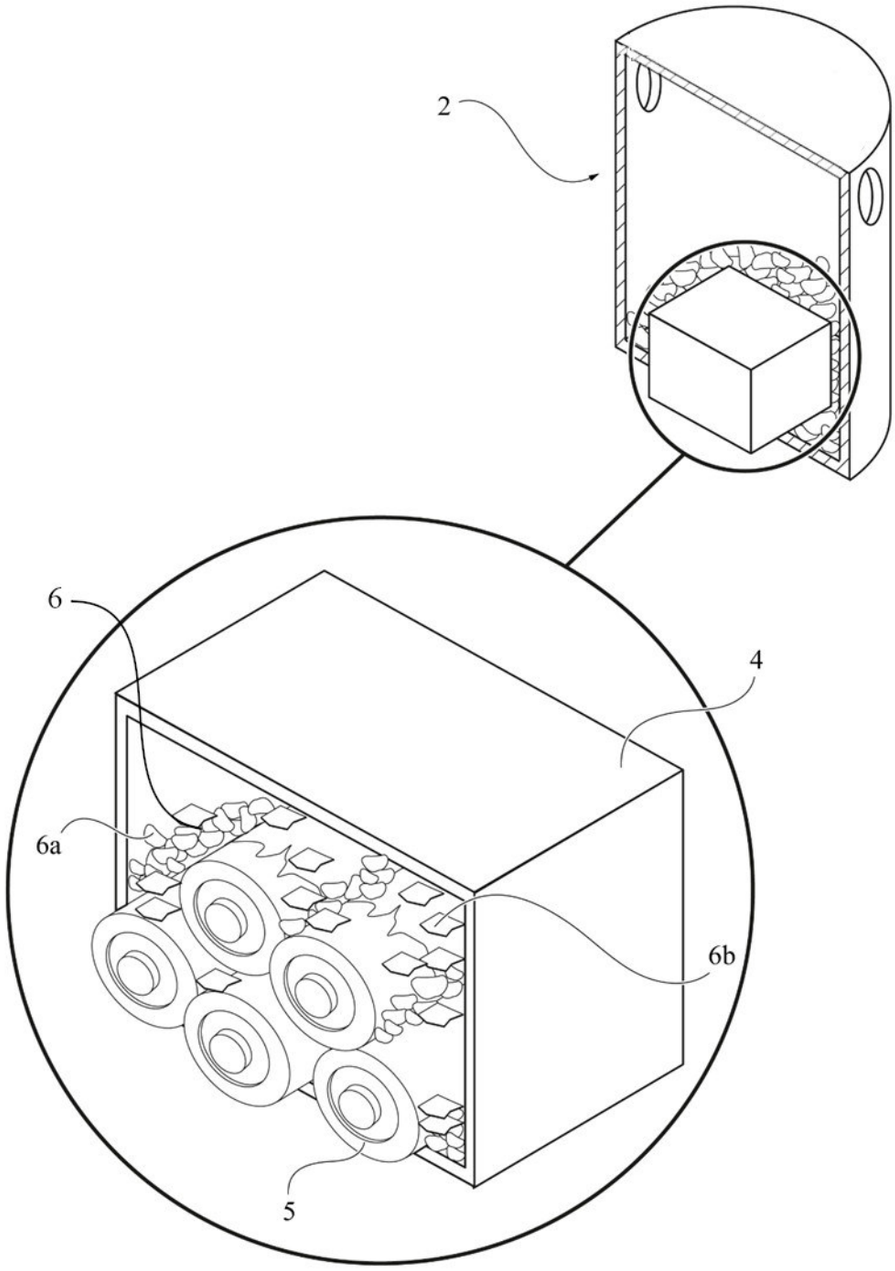

FIG. 3