

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 517 517**

51 Int. Cl.:

C01B 3/32 (2006.01)
C01B 3/38 (2006.01)
C01F 7/06 (2006.01)
C01G 49/08 (2006.01)
C04B 18/04 (2006.01)
B03C 1/30 (2006.01)
B01D 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.04.2007 E 07728513 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.08.2014 EP 2016025**

54 Título: **Método para obtener materias de valor a partir de lodo rojo**

30 Prioridad:

04.05.2006 DE 102006020841

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

03.11.2014

73 Titular/es:

KRSYS GMBH (100.0%)
Tizianstrasse 38
85579 Neubiberg, DE

72 Inventor/es:

KRAUSE, EBERHARD y
RÖHM, VALENTIN

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 517 517 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 obtener materias de valor a partir de lodo rojo

5 Estado de la técnica

[0001] El lodo rojo surge en la fabricación de aluminio según el método bávaro.

Desde el punto de vista químico, el lodo rojo representa una mezcla que principalmente está compuesta de óxido o hidróxido de hierro (III), óxido de titanio, restos de óxido de aluminio, arena cuarzosa, óxido de calcio, óxido de sodio y sosa cáustica.

El nombre de lodo rojo proviene de su color rojo producido a través del óxido de hierro (III).

La reelaboración del lodo rojo se complica porque las partículas del lodo rojo poseen debido al procedimiento de fabricación un diámetro muy bajo en el área entre 0,1-1 μm en sección.

Particularmente una separación del óxido de hierro (III) de los silicatos, aluminatos y óxidos restantes representa un complejo problema técnico y no ha sido solucionado satisfactoriamente hasta ahora.

[0002] Por cada tonelada producida de aluminio se producen según la calidad de la bauxita utilizada 0,5-1,5 toneladas de lodo rojo como acompañante no evitable.

La cantidad producida cada año asciende a varios millones de toneladas y representa junto al lodo rojo ya presente un problema serio.

Puesto que el lodo rojo hasta ahora se ha considerado esencialmente como residuo, es desperdiciado y eliminado en gran parte a través del almacenaje en vertederos impermeabilizados.

El único uso consiste en este caso en la recuperación de la sosa cáustica puesta en el fondo del vertedero y en su reconducción en el método bávaro.

Esta forma de eliminación lleva además de a problemas de protección medioambiental, a problemas financieros considerables.

El almacenaje en vertederos es caro y costoso puesto que hacen falta superficies e instalaciones grandes y se presentan costes altos para el transporte del lodo rojo.

Además, los costes de largo tiempo que surgen por el vertedero son difíciles de calcular y representan un problema económico adicional.

[0003] Por eso se emprendieron numerosos ensayos para transformar el lodo rojo, considerado hasta ahora como residuo, en sustancias de valor utilizables y conducir a una utilización económica.

Cada planteamiento ventajoso debería en este caso en la mayor medida posible aprovechar el potencial contenido en el lodo rojo y ofrecer una utilización amplia de los componentes contenidos.

[0004] De Xiang et. Al., "Low-temperature reduction of ferric iron in red mud" (TMS Light Metals (2001), Proceedings of the technical sessions, Technical TMS annual meeting, XX, XX, 2001, S. 157-162) se conoce un método para la reducción de óxidos férricos de lodo rojo a magnetita.

Como reductor sirven en este caso el carbón, el carbón vegetal, virutas o bagazo de caña.

[0005] La US 3,295,924 A presenta un método, en el cual el lodo rojo es en primer lugar filtrado y calcinado.

El material calcinado se trata a continuación con un gas que contiene CO/H_2 , el cual se produce a través de cremación parcial de un hidrocarburo.

[0006] De Piga et. Al, "Recovering Metals from red mud generated during alumina production" (JOM, Minerals, Metals & Materials Society, Warrendale, PA, US, vol. 45, no. 11, 1 de noviembre de 1993, p. 54-59) se conoce que el lodo rojo dispersado y neutralizado con un ácido clorhídrico o de azufre se somete a una separación magnética.

Antes de la separación magnética se puede reducir la proporción de hierro en el lodo rojo pretratado de tal manera con ayuda de hidrocarburos de cloro a magnetita y/o hierro metálico.

[0007] De la US 3,876,749 A se conoce un método, según el cual el lodo rojo con antracita a temperaturas hasta los 1500 $^{\circ}\text{C}$ se transforma en hierros y escoria rica en Fe_2O_3 .

[0008] La US 3 295 924 A presenta un método, según el cual el lodo rojo es filtrado, calcinado con ayuda de gases de una cremación completa de un combustible y reducido con ayuda de gases de una cremación parcial de un combustible.

[0009] Un método nuevo de Virotec International LTD, protegido como "Basecon™ Technology", consigue a través del volumen de ventas de lodo rojo con agua de mar una reducción del valor ph de aproximadamente 9 y abre así posibilidades de empleo diferentes para el lodo rojo desalcalizado como por ejemplo la aplicación como agente de floculación o su aplicación como medio de tratamiento para aguas residuales ácidas o suelos ácidos.

[0010] Se considera desventajoso en este método la circunstancia de que la utilización anual de aproximadamente 1 millón de toneladas en el marco de este procedimiento corresponde a menos del 2 % de la producción anual y esto no es adecuado por lo tanto para superar la cantidad de lodo rojo producida anualmente y no representa

particularmente ninguna solución representa para los ya depositados residuos de lodo rojo. Además es considerado desventajoso que no se realice ningún uso completo de las diferentes materias de valor contenidas en el lodo rojo y así se utiliza el presente potencial económico y ecológico sólo para un fragmento.

- 5 [0011] Tarea de la presente invención es poner a disposición un método realizable a escala industrial para una utilización lo más completa posible de lodo rojo, el cual es utilizable tanto para el lodo rojo producido anualmente como para el ya depositado.

Representación de la invención

- 10 [0012] La tarea es resuelta según la invención a través de un método para la obtención de materias de valor mediante lodo rojo con las características de la reivindicación 1.

- 15 [0013] Configuraciones ventajosas con perfeccionamientos adecuados y no triviales de la invención son descritos en las otras reivindicaciones.

- [0014] Según la invención el lodo rojo es colocado en un método para la obtención de materias de valor con las etapas siguientes: a) Reducir al menos una parte de un óxido de hierro(III) contenido en el lodo rojo y/o de un hidróxido de hierro(III) con al menos un reductor, que comprende al menos un hidrocarburo y b) Separar al menos una fase sólida de la mezcla reactiva de al menos una fase líquida y/o gaseosa, donde la fase sólida comprende al menos una materia de valor que al menos comprende magnetita y donde se usan como reductores metano y/o gas natural y/o etanol y se conduce sobre lodo rojo para reducirla.

- 20 Tal método ofrece ventajas diferentes.
El lodo rojo contiene además de silicatos, óxidos de titanio, sosa cáustica residual y otros diversos compuestos como componentes principales de óxidos de hierro(III) o hidróxido de hierro(III) en forma de hematites y goethita con un porcentaje en peso entre 30 y 60 %.

- 25 El lodo rojo se ofrece por lo tanto en manera ideal para la obtención de materias de valor a través de la reducción de los componentes de hierro(III).

- 30 Se considera ventajosa la circunstancia de que el reductor se oxida en materias de valor.
En dependencia del reductor elegido surge gas de síntesis, etenes o aldehído de acetal en la reacción con óxido de hierro(III) o hidróxido de hierro(III), que representan materias de valor importantes por su parte como componentes de salida centrales de reacciones químicas diferentes.

- El metano ofrece en este caso la ventaja de que esté disponible en todo el mundo prácticamente en cantidades grandes y posibilita una realización de reacción muy económica.

- 35 La aplicación de gas natural ofrece la ventaja de que el método es realizable económicamente también en yacimientos de gas natural alejados como por ejemplo Alaska.

- El gas natural es desazufrado adicionalmente de una manera ventajosa durante todo el procedimiento.

- 40 Igualmente se considera ventajosa la utilización de alcohol como reductor particularmente bajo aspectos medioambientales, puesto que de tal manera la conversión de un producto calificado hasta ahora como residuo es posible con ayuda de una materia prima renovable y adicionalmente provee la materia de valor variada aldehído de acetal utilizable en la industria química.

- [0015] La reacción se puede realizar en este caso por ejemplo en un reactor de ejecución.

- Son posibles sin embargo también otros dispositivos de reactor adecuados como por ejemplo hornos rotatorios.

- 45 Después de la conclusión de la reducción, que es determinable fácilmente a través del cambio de color de rojo (Fe_2O_3) a negro (Fe_3O_4), existen en dependencia del hidrocarburo elegido y las condiciones de reacción elegidas al menos una fase sólida, consistente en productos de reducción y lodo rojo restante, así como una fase líquida y/o gaseosa.

- Al menos una de estas fases comprende en este caso una materia de valor obtenida a través de la reducción.

- 50 En este caso hay que mencionar como materia de valor sobre todo el mineral de hierro precioso magnetita, que existe en la fase sólida junto a óxidos residuales, aluminatos y silicatos.

- El lodo rojo representa con ello una fuente de mineral de hierro en períodos de insuficiencia de materia prima que se necesita particularmente en el tratamiento de hierro para la fabricación de aceros.

- 55 La concentración de magnetita pura se encuentra en este caso con al menos 90 %, aproximadamente el doble de elevada, que la del mineral natural de alta calidad.

- Si se contemplan no sólo las cantidades producidas anuales de lodo rojo, sino también los muchos millones de toneladas de lodo rojo ya depositado, la importancia del procedimiento como posibilidad sencilla y económica para la obtención de mineral de hierro ventajosa de forma ecológica y económica es notable.

- 60 La separación de la fase sólida de la fase líquida y/o gaseosa es realizada fácilmente con ayuda de un separador de gas acoplado con el reactor y/o de un separador de sustancia sólida.

- Son posibles sin embargo también otros procedimientos de separación como por ejemplo procedimientos de separación de flotación.

- [0016] En una configuración ventajosa del procedimiento según la invención está previsto que la fase gaseosa separada en el paso b) abarque al menos monóxido de carbono y/o hidrógeno.

- 65 Particularmente en combinación con la aplicación ya mencionada de metano y/o gas natural como reductores, el

método suministra además de magnetita también gas de síntesis ($\text{CO} + \text{H}_2$) como materia de valor suplementaria en la fase gaseosa.

El gas de síntesis producido en la transformación de metano posee en comparación con el gas de síntesis, el cual se forma por otro educto posible, la proporción más alta de hidrógeno en relación con el monóxido de carbono.

5 Así esto sirve especialmente como componente de salida de reacciones químicas importantes diferentes como por ejemplo la síntesis de metanol o la transformación de alquenos a aldeídos alargados en torno a un grupo de metileno según la denominada oxosíntesis.

10 [0017] En otra configuración ventajosa del procedimiento según la invención está previsto que el procedimiento comprenda un paso adicional c) después del paso b), que comprende una separación de la fase sólida separada en al menos un primer componente magnetizable y un segundo componente no magnetizable, donde el primer componente abarca al menos magnetita y el segundo componente al menos comprende un óxido y/o silicato.

15 Ventajosamente es considerada la circunstancia, que de esa manera una descomposición de lodo rojo en un mineral de hierro magnetizable y un bastón de mineral residual no magnetizable baja en hierro y con ello es posible una utilización amplia de los diferentes componentes de lodo rojo.

En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que el paso adicional c) del procedimiento comprenda el uso al menos de un separador magnético.

20 Ya que la magnetita posee una estructura de espinela AB_2O_4 , en la que los iones de hierro(II) ocupan las plazas octaédricas y los iones de hierro(III) las tetraédricas, es ferromagnético y fuertemente magnetizable.

Con ayuda de un separador magnético se puede crear así una posibilidad especialmente sencilla y económica desde el punto de vista técnico para separar el lodo rojo prácticamente cuantitativo en mineral de hierro magnetizable y en componentes bajos en hierro no magnetizables.

25 [0018] En otra configuración ventajosa del procedimiento según la invención está previsto que el procedimiento comprenda el paso adicional siguiente d) después del paso b) y/o eventualmente c), donde el paso d) consiste en la limpieza de la fase gaseosa y la limpieza preferiblemente comprende la eliminación de CO_2 de la fase gaseosa.

Este paso asegura de una manera ventajosa que este gas de síntesis separado en el paso c) se ajuste de manera óptima a las exigencias de otros procesos de elaboración eventuales.

30 El paso de limpieza comprende en este caso preferiblemente una eliminación de CO_2 de la fase gaseosa, que tiene relación con monóxido de carbono sobre la ecuación general



35 Son posibles también otras medidas para la limpieza de la fase gaseosa como por ejemplo eliminación de agua y secado, separación de hollín, desulfuración o medidas para el ajuste de la proporción de $\text{CO}:\text{H}_2$ deseada.

[0019] En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que la limpieza en el paso d) comprenda el uso de un proceso Benfield™ modificado.

40 En este caso se libera la fase gaseosa separada en un método cíclico mediante solución de carbonato de potasio caliente de CO_2 , H_2S y otros componentes ácidos.

Ventajosamente se considera en este método la circunstancia de que en un paso es realizada una eliminación de CO_2 indeseado y una desulfuración de la fase gaseosa.

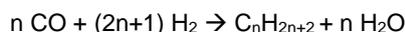
Otra ventaja es la pequeña solubilidad del gas de síntesis de limpieza en la solución de carbonato de potasio utilizada.

45 El proceso Benfield™ modificado adicionalmente comprende exclusivamente compuestos de partida, que en costes bajos se pueden adquirir en todo el mundo.

50 [0020] En otra configuración ventajosa del procedimiento según la invención está previsto que el método después del paso b) y/o eventualmente del paso c) y/o d) comprenda el paso suplementario siguiente e), que incluye una efectuación de un procedimiento de síntesis de hidrocarburo, particularmente un procedimiento Fischer-Tropsch y/o uno Gas-To-Liquids, donde al menos un educto de la síntesis comprende al menos una fase gaseosa separada de la del paso b), al menos un producto comprende al menos comprende un hidrocarburo y donde el método de síntesis comprende el uso al menos de un componente eficaz catalítico.

55 En el método Fischer-Tropsch se trata de un método a escala industrial para la transformación de gas de síntesis (CO/H_2) en hidrocarburos líquidos.

El mecanismo general se describe con la fórmula siguiente:



60 [0021] La reacción se desarrolla de forma catalítica y acelerada habitualmente bajo presión con temperaturas entre 200°C y 350°C y provee además de parafina, alquenos y alcoholes, sobre todo gasolina y aceites.

Esto representa, especialmente en cuanto a los yacimientos de petróleo en disminución, un modo de síntesis alternativo importante para la obtención de carburante.

65 Mediante fraccionamiento puede ser obtenido de los hidrocarburos obtenidos entre otros un carburante de primera calidad para motores diesel.

Esto tiene la ventaja de que es incoloro e inodoro, completamente libre azufre y libre de compuestos de nitrógeno

aromáticos u orgánicos.

Adicionalmente es biodegradable y atóxico.

Si el gas de síntesis obtenido mediante la reducción del porcentaje de hierro(III) no poseyera la proporción de hidrógeno necesaria para la realización del método Fischer-Tropsch, esta puede ser posteriormente añadida.

5 Otra posibilidad ventajosa para la obtención de materias de valor adicionales representa en combinación con la aplicación de gas natural como reductor en el paso a) la realización de un procedimiento GtL (Gas-to-Liquids).

En este caso es transformado primero el gas natural a través del suministro de oxígeno en gas de síntesis, que se elabora posteriormente en la manera descrita arriba en hidrocarburo líquido.

Las ventajas citadas de los productos Fischer-Tropsch valen por lo tanto también para productos GtL.

10 Como para los catalizadores adecuados para el método Fischer-Tropsch son descritos en la bibliografía, entre otros, diferentes catalizadores de hierro y de cobalto.

[0022] En otra configuración ventajosa del procedimiento según la invención está previsto que al menos un componente del lodo rojo mismo sea el componente eficaz catalítico.

15 Como catalizador especialmente eficaz para la realización de un método Fischer-Tropsch, el experto conoce la magnetita.

Por lo tanto se prevé de una manera ventajosa que a través de la reducción del porcentaje de hierro(III) de lodo rojo producido en el paso a) y en el paso b) y/o c) se use magnetita separada como componente catalítico eficaz del método Fischer-Tropsch.

20 Así la conversión de lodo rojo en el marco del método según la invención permite el acceso a otras materias de valor diferentes y representa una posibilidad de utilización económica, amplia y significativa desde el punto de vista ecológico y económico del lodo rojo hasta ahora entendido como residuo.

[0023] Un aspecto no según la invención afecta a la utilización de un segundo componente en el paso c) separado no magnetizable como al menos un agregado de cemento.

25 El mineral residual bajo en hierro obtenido después de la separación de magnetita sirve en este caso de manera ventajosa como agregado de cemento, lo que, por lo demás, no sería posible a causa de las reacciones complejas causadas a través del alto contenido en hierro del lodo rojo, denominadas formación de herrumbre.

30 Es posible también añadir adicionalmente un porcentaje de masa determinado de carbonato de calcio (piedra caliza).

De esa manera se fomenta la formación de mineral y se provee un cemento hidráulico.

Adicionalmente componentes alcalinos eventualmente presentes se incluyen a través de reacciones secundarias en gran parte en silicatos, de modo que el producto final posee un valor del ph ligeramente alcalino en el área entre 7 y 9.

35 La utilización del bastón de mineral residual ofrece por consiguiente, junto a las posibilidades de utilización descritas, la utilización completa de todos los componentes de lodo rojo.

De esa manera es superflua la necesidad de la eliminación y particularmente del almacenaje del lodo rojo en vertederos.

40 De tal modo están conectados no sólo ahorros enormes a través de la superación de los costes referidos de vertedero, sino al contrario ventajas particulares a través de la utilización económica de las materias de valor producidas.

[0024] Otro aspecto no según la invención afecta a la utilización de al menos un componente de los procedentes de la fase gaseosa separada del paso b) según la reivindicación 1 como educto para la realización de un método de síntesis de hidrocarburo, particularmente un método Fischer-Tropsch y/o uno Gas-To-Liquid, al menos donde un producto al menos comprende un hidrocarburo y donde el método de síntesis comprende el uso al menos de un componente eficaz catalítico.

Las ventajas así realizadas ya son para deducir las descripciones de ventaja anteriores.

50 [0025] Puede preverse que al menos un componente del lodo rojo mismo sea el componente eficaz catalítico.

Conforme a lo anteriormente mencionado, para el experto es conocida la magnetita como catalizador especialmente eficaz para la realización de un método Fischer-Tropsch.

55 Por lo tanto se prevé de una manera ventajosa que se use magnetita separada a través de la reducción del porcentaje de hierro(III) de lodo rojo producido en el paso a) y en el paso b) y/o c) como componente catalítico eficaz del método Fischer-Tropsch.

[0026] Otras ventajas, características y detalles de la invención resultan de las descripciones sucesivas de varios ejemplos de realización.

60 Ejemplo 1:

[0027] El lodo rojo secado con un contenido de agua inferior al 5 % se somete una reducción de sales de hierro(III) a magnetita.

65 La reducción a magnetita ocurre en este caso a través de la conexión de metano a una temperatura entre 250 °C y 800 °C.

La separación de la fase sólida de la gaseosa se realiza después de la conclusión de la reducción con ayuda de un

separador de sustancia sólida.

El final de la reacción se puede determinar en este caso fácilmente a través del cambio de color de rojo (Fe_2O_3) a negro (Fe_3O_4).

5 La separación sucesiva de la fase sólida en una fase magnetizable y una no magnetizable es realizada fácilmente con ayuda un separador magnético.

En este caso, la magnetita se separa del resto de la mezcla de minerales y se puede elaborar posteriormente de manera conocida.

La mezcla de minerales restante se traslada con 10 % carbonato de calcio (w/w) y se usa como agregado de cemento.

10 Ejemplo 2:

[0028] El lodo rojo con un contenido de agua inferior al 20 % está sometido a magnetita por medio de una reducción del óxido de hierro(III) e hidróxido de hierro(III).

15 La reducción a magnetita ocurre en este caso a través de la conexión de metano, gas natural o etanol bajo condiciones estequiométricas con temperaturas entre 650-1100 °C en un reactor de lecho fluidizado.

En esta fase de reducción se reducen el óxido e hidróxido de hierro(III) prácticamente de manera completa a magnetita.

Adicionalmente partículas de carbono de efecto reducido se forman a causa de la falta de oxígeno reducida.

20 Los productos de reacción gaseosos comprenden junto a H_2O y CO_2 particularmente CO , donde el equilibrio ajustado se puede desplazar correspondientemente a la reacción Boudouard endotérmica



25 según el principio de Le Chatelier a través del aumento de la temperatura o a través de la disminución de la presión sobre el lado del producto.

Así se logra un rendimiento de al menos 98 % de CO por ejemplo a una temperatura de 1000 °C y a una presión de 10^5Pa .

Con una temperatura reducida entre 650-700 °C desciende el rendimiento de CO por debajo del 50 %.

30 Además surge hidrógeno en reacciones secundarias de la pirólisis bajo efecto catalítico de los óxidos férricos activados.

[0029] La fase gaseosa se limpia y separa a continuación de la fase sólida que comprende magnetita y, donde particularmente se elimina el CO_2 creado.

35 La limpieza ocurre en este caso con ayuda de un proceso Benfield™ modificado.

El gas depurado rico en CO y H_2 es reconducido nuevamente a continuación en el proceso de reconducción y se pone en circulación para la otra reducción del óxido de hierro(III) y del hidróxido de hierro(III).

40 [0030] La fase sólida separada, que comprende el mineral de hierro magnético magnetita y componentes de mineral de hierro de titanio coordinados, se separa del bastón de mineral residual no magnético después del enfriamiento con ayuda de un separador magnético.

Esto contiene sobre todo mezcla de arcilla y arena cuarzosa (10 %) con porcentuales bajas de cal (3 %) que contiene un silicato de aluminio.

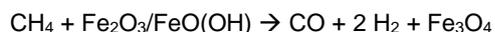
45 Esto puede ser empleado por ejemplo como agregado de cemento, como acondicionador de suelos o como abono de mineral, puesto que los minerales de arcilla son decisivos para el drenaje de suelos.

En el drenaje de suelos se trata de un aspecto, que es importante especialmente para los países con disminución de bauxita, porque la destrucción de suelos en países trópicos ahora está co-causada por el lavado de los minerales de arcilla.

50 Ejemplo 3:

[0031] El lodo rojo disecado es realizado como se ha descrito antes con gas natural como reductor a buen precio con temperaturas entre 230-650 °C bajo conclusión de oxígeno.

55 La reacción comprende en este caso una oxidación parcial catalítica en temperaturas moderadas, mediante lo que particularmente el óxido de hierro(III) se reduce y el metano se oxida en un proceso de reforma a monóxido de carbono CO e hidrógeno H_2 según la ecuación:



60 Así surgen gases decrecientes de proceso interno, cuyo excedente se puede usar como gas combustible o en otros métodos químicos y representa un subproducto de gran valor.

Simultáneamente se forman en reacciones secundarias dióxido de carbono y agua.

A la reacción se le debe suministrar calor, puesto que la reacción principal es endotérmica.

65 [0032] El proceso es guiado por motivos económicos continuamente a un reactor de paso.

El mezcla caliente de minerales es repartida por ejemplo a través de un extrusor de tornillos y conducida sobre un

recorrido de intercambiador de calor para el recobro de calor para el desagüe.

Las partículas minerales apelmazadas son aplastadas entre rodillos nuevamente hasta convertirse en el producto de salida molido superfino.

5 Los procesos de mineralización que transcurren durante el origen de magnetita proporcionan una separación de fases mejorada a través del separador magnético previsto en el siguiente paso e impiden el enganche de la partícula mineral magnética o amagnética.

[0033] Al final se obtiene la magnetita y separadamente una mezcla de un mineral de arcilla básico con arena cuarzosa y con cal, que se sigue usando como ya se ha descrito.

10 El beneficio en magnetita es de por lo menos el 75 % y se puede aumentar a través de medidas normales en el sector hasta el 95 %.

[0034] El lodo rojo de disgregación de bauxita contiene hidróxidos/óxidos férricos en forma de los minerales de hematites Fe_2O_3 y goethita de $\text{FeO}(\text{OH})$ en 42-50 % (w/w), minerales de arcilla del grupo de silicato de aluminio con >30 % (w/w), SiO_2 en cantidades entre 5-10 % (w/w) así como cal del recobro de sosa cáustica en 3-5 % (w/w).

15 El contenido de agua del lodo rojo está habitualmente entre el 25-40 % (v/w).

La obtención de los óxidos férricos y del titanio como ilmenita es posible de manera más fácil cuando los óxidos/hidróxidos presentes en el lodo rojo de los metales son expuestos bajo condiciones en disminución de un tratamiento térmico con temperaturas de al menos 750 °C hasta máx. 1100 °C.

20 En este caso se forman ilmenita de rutilo (TiO_2) y los compuestos de hierro: los minerales de hierro se transforman en magnetita en conexión estable termodinámicamente.

Estos dos minerales son separables ligeramente debido a sus características magnéticas fuertes con técnicas conocidas del resto amagnético.

25 También se pueden usar para la separación técnicas de flotación conocidas.

[0035] El método no es realizado en lo sucesivo para ejemplo de la invención con polvo de carbón como reductor.

Para la realización el lodo rojo se mezcla en un mezclador previo con 3-20 % (w/w) de polvo de carbón y se lleva sobre un tramo de secado precalentado con calor residual a un horno rotatorio.

Las reacciones redox ocurren en este horno opcionalmente continuamente con o sin ayuda de un fuego de soporte.

30 Las fábricas de alúmina existentes en la actualidad disponen de hornos de calcinación con capacidades de hasta 8000 t por día.

Esta tecnología se puede utilizar aquí sin una gran modificación.

[0036] La dirección del proceso es configurada ventajosamente de manera alotérmica, puesto que tanto las reacciones exotérmicas fuertes como la oxidación del carbono ($\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$) como también reacciones endotérmicas como la formación de monóxido de carbono tienen lugar simultáneamente después de la reacción Boudouard ($2 \text{CO} \leftarrow \text{C} + \text{CO}_2$).

35 La reducción a magnetita asciende bajo estas condiciones al menos un 75 %, no obstante puede ser aumentado a través de medidas normales en el sector ligeramente hasta el 90 %.

[0037] El polvo fino reducido se transporta a continuación a un tambor frío con intercambiadores de calor y es conducido al paso siguiente después de la refrigeración suficiente de un separador magnético.

45 Esto separa los componentes magnetita e ilmenita (mineral de titanio de hierro) debido a sus características magnéticas fuertes de bastón de mineral residual no magnético, el cual comprende minerales de arcilla esencialmente amagnéticos, cuarzo, cal y cantidades pequeñas de mineral de hierro amagnético.

[0038] Los minerales de arcilla pueden ser empleados como suplemento de cemento, puesto que su composición química se corresponde en su mayor parte con las sustancias que aparecen en el cemento en gran parte y por lo tanto se puede hacer el así llamado cemento de hierro.

50 Mediante adición de más cal viva se puede ajustar el carácter hidráulico del suplemento de cemento con la necesidad respectiva.

Aparte de esto el resto de mineral amagnético se puede usar a causa de los minerales de arcilla como soporte de agua o a causa del contenido en hierro y de cal como acondicionador de suelos o abono de mineral.

REIVINDICACIONES

5 1. Método para la obtención de materias de valor mediante lodo rojo que se producen en la fabricación de aluminio mediante el método bávaro, con las etapas siguientes:

a) reducir al menos una parte de un óxido de hierro(III) y/o hidróxido de hierro(III) contenido en el lodo rojo con al menos un reductor, que comprende al menos un hidrocarburo; y

b) separar al menos una fase sólida de la mezcla reactiva de al menos una fase líquida y/o gaseosa, donde la fase sólida al menos comprende una materia de valor que comprende al menos magnetita,

10 **caracterizado por el hecho de que**

metano y/o gas natural y/o etanol son usados como reductores y se conducen para la reducción por el lodo rojo.

15 2. Método según la reivindicación 1,

caracterizado por el hecho de que

la fase gaseosa separada en el paso b) comprende al menos monóxido de carbono y/o hidrógeno.

3. Método según una de las reivindicaciones anteriores,

20 **caracterizado por el hecho de que**

el método después del paso b) comprende un paso sucesivo suplementario:

c) separar la fase sólida separada en al menos un primer componente magnetizable y un segundo componente no magnetizable, donde el primer componente comprende al menos magnetita y el segundo componente al menos comprende un óxido y/o silicato.

25 4. Método según la reivindicación 3,

caracterizado por el hecho de que

el paso c) comprende el uso de al menos un separador magnético.

30 5. Método según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado por el hecho de que

el método después del paso b) y/o eventualmente c) comprende el siguiente paso suplementario:

35 d) limpiar la fase gaseosa, donde la limpieza preferiblemente comprende la eliminación de CO₂ de la fase gaseosa.

6. Método según la reivindicación 5,

40 **caracterizado por el hecho de que**

la limpieza comprende un proceso Benfield modificado.

7. Método según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado por el hecho de que

el método después del paso b) y/o eventualmente el paso c) y/o d) comprende el siguiente paso suplementario:

45 e) introducción de un método de síntesis de hidrocarburo, particularmente un método Fischer-Tropsch y/o uno Gas-To-Liquids, donde al menos un educto de la síntesis comprende al menos un componente originario a partir de b) una fase gaseosa separada en el paso al menos un producto que comprende al menos un hidrocarburo y donde el método de síntesis comprende el uso de al menos un componente eficaz catalítico.

50 8. Método según la reivindicación 7,

caracterizado por el hecho de que

al menos un componente del lodo rojo mismo es el componente eficaz catalítico.