

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 966 230**

51 Int. Cl.:

C04B 18/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2020** **E 20217138 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2023** **EP 3842399**

54 Título: **Método para producir un árido alcalino**

30 Prioridad:

24.12.2019 BE 201905984

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

19.04.2024

73 Titular/es:

ORBIX SOLUTIONS (50.0%)

Rue du Dria 46

6240 Farciennes, BE y

ORBIX PRODUCTIONS (50.0%)

72 Inventor/es:

VAN DESSEL, THIERRY;

MEO, ROBIN;

SANTERMANS, GREET;

RIJSKENS, SVEN y

VAN MECHELEN, DIRK

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 966 230 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 producir un árido alcalino

La presente invención se refiere a un método para producir un árido alcalino con un porcentaje de hinchamiento menor que 1,5%, preferiblemente menor que 1,0%, como se determina según la norma NBN EN 1744-1 (2013), artículo 19.3.

5 El método comprende las etapas de proporcionar un material alcalino granular que comprende un material granular de escorias de fabricación de acero que es diferente de una escoria de alto horno y que contiene óxidos libres de calcio y/o magnesio y envejecer al menos una porción de este material tratando con agua para hidratar al menos parte de dichos óxidos libres contenidos en el mismo para reducir el porcentaje de hinchamiento del material alcalino granular hasta un valor menor que 1,5% o incluso a un valor menor que 1,0%.

10 El material alcalino es en particular un subproducto. El material alcalino puede comprender cenizas de fondo, en particular cenizas de fondo de incineración de residuos sólidos municipales (cenizas de fondo de MSWI), y/o un material de escorias de fabricación de acero, en particular un material de escorias de fabricación de acero inoxidable. Tanto las cenizas de fondo como los materiales de escorias de fabricación de acero contienen óxidos libres que pueden causar hinchamiento del material.

15 Durante la producción de acero, en particular de acero al carbono y de acero inoxidable, se generan grandes cantidades de subproductos, especialmente en forma de escorias de acero. Las escorias de fabricación de acero se clasifican según el proceso de fabricación en el que se obtuvieron. En la producción de acero al carbono (también conocido como acero común) se obtienen, en particular, escorias de hornos de arco eléctrico (escorias EAF), escorias básicas de hornos de oxígeno (escorias BOF) y escorias de metalurgia en cuchara (escorias LM). A las escorias BOF pertenecen especialmente las escorias LD, que se obtienen como subproducto en la producción de acero según el proceso Linz-Donawitz. Las escorias de la fabricación de acero inoxidable se obtienen durante la producción de acero inoxidable y contienen cromo y, opcionalmente, también otros elementos de aleación tales como, por ejemplo, níquel. Las escorias de fabricación de acero inoxidable incluyen escorias de hornos de arco eléctrico (escorias EAF), escorias de descarbonización con oxígeno y argón (escorias AOD), escorias de descarbonización con oxígeno al vacío (escorias VOD) y escorias de metalurgia en cuchara (escorias LM).

20 Por lo tanto, las escorias de fabricación de acero incluyen escorias de acero común así como escorias de acero inoxidable. Las escorias de acero común comprenden escorias de hornos de arco eléctrico (escorias EAF), escorias básicas de hornos de oxígeno (escorias BOF), escorias LD y escorias de metalurgia en cuchara (escorias LM). Las escorias de acero inoxidable comprenden escorias de horno de arco eléctrico (escorias EAF), escorias de descarbonización con oxígeno y argón (escorias AOD), escorias de descarbonización con oxígeno al vacío (escorias VOD) y escorias de metalurgia en cuchara (escorias LM). En particular, la expresión "escoria de fabricación de acero", tal como se utiliza en el presente documento, excluye las escorias generadas durante la producción de arrabio, tales como escorias de alto horno.

30 El material alcalino granulado tiene que contener además óxidos libres de calcio y/o magnesio y, por lo tanto, tiene que hincharse en presencia de agua. Las escorias granuladas con agua, tales como las escorias granuladas de alto horno, son principalmente amorfas y no contienen en general óxidos libres, como se desprende de la tabla de las páginas 6-7 del documento EP 0542330 B1, y por lo tanto no están sujetas a ningún hinchamiento. Sin embargo, tales escorias pueden estar sujetas a apelmazamiento. El documento JP 2006 188381 describe métodos para reducir el apelmazamiento de escorias granuladas de alto horno mediante la adición de agentes antiapelmazantes a dichas escorias. Dado que las escorias granuladas de alto horno como tales no se hinchan, este tratamiento no reduce el porcentaje de hinchamiento de las mismas.

35 Para limitar el impacto económico y medioambiental de las escorias, se han desarrollado métodos para convertirlas en materiales económicamente explotables. La mayoría de estas escorias se utilizan en ingeniería civil y construcción de carreteras. Sin embargo, debido a la composición mineralógica y química de estas escorias y a sus propiedades físicas, antes de su utilización son necesarias otras etapas de procesamiento.

40 Los principales constituyentes de las escorias de fabricación de acero son el dióxido de silicio (SiO₂), óxido de calcio (CaO) y óxido de magnesio (MgO). La mayoría de estos componentes se encuentran en fases de silicatos amorfos o cristalinos que son bastante estables y que en particular no reaccionan con el agua. Sin embargo, una parte de los óxidos de calcio y de magnesio están presentes como óxidos libres. Los óxidos libres son óxidos que pueden reaccionar con el agua (agua neutra, a presión atmosférica y a 20 °C) para producir los correspondientes hidróxidos. Los óxidos libres incluyen en particular la cal libre (es decir, el óxido de calcio libre o la cal viva), la magnesia libre (es decir, el óxido de magnesio libre o la magnesia viva) y la dolima libre (óxido de calcio y magnesio libre que contiene cantidades variables de calcio y magnesio). El uso de escorias en ingeniería civil, p. ej., en forma de material granular en hormigón o asfalto para la construcción de carreteras, está limitado por los óxidos libres de calcio y/o magnesio presentes en las mismas. Estos óxidos pueden hidratarse en presencia de agua, lo que se asocia con un aumento de volumen. Por lo tanto, como resultado del proceso de hidratación el árido de escorias se hincha. Esto conduce a una expansión indeseable y al agrietamiento del hormigón o del asfalto.

Para reducir el contenido de óxidos libres de calcio y/o magnesio y, por tanto, la capacidad de hinchamiento del material, las escorias, diferentes de las escorias granuladas de alto horno, comúnmente se trituran para producir un árido y posteriormente se tratan con agua. En la práctica, el material triturado se almacena normalmente en forma de pilas, que se rocían con agua durante varios meses. A través del proceso de hidratación, se forman hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), hidróxido de magnesio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) y/o hidróxidos de calcio/magnesio, que ya no están sujetos a hinchamiento o sólo de forma limitada, por ejemplo debido a una carbonatación natural.

El documento EP 1146022 describe un método en el que se utilizan escorias de acero inoxidable para producir un árido. Las escorias se procesan en varias etapas que implican triturar las escorias en partículas, recuperar cualquier partícula o partículas metálicas que tengan un mayor contenido de metales y posteriormente tratar el árido de escorias restante con agua para reducir su contenido de cal libre. De este modo se reduce el hinchamiento del árido de escorias, de modo que se puede utilizar para producir hormigón y asfalto. Sin embargo, se necesitan algunos meses para lograr una reducción aceptable del hinchamiento. En consecuencia, no sólo es costoso rociar agua durante tanto tiempo sobre el material de escorias de acero sino que también tiene que estar disponible un gran espacio de almacenamiento para almacenar el material de escorias de acero durante el proceso de neutralización con cal/dolima libre. Por lo tanto, en los últimos años se han desarrollado varios métodos para acelerar la disminución del contenido de cal libre en las escorias de fabricación de acero.

El documento FR 2735767 describe, por ejemplo, un método acelerado para preparar un árido para su uso en operaciones de ingeniería civil a partir de escorias LD. En primer lugar se trituran las escorias y posteriormente se tratan las fracciones seleccionadas bajo una atmósfera enriquecida con dióxido de carbono. Este proceso permite la carbonatación del material granular, lo que lleva a la formación de una costra impermeabilizante. Cuando esta costra permanece intacta, puede impedir la entrada de agua en las partículas y, por tanto, un mayor hinchamiento del material. Sin embargo, este método es costoso ya que implica transferir el material de partida a un espacio confinado y en condiciones atmosféricas controladas. Además, otro inconveniente del método es el hecho de que, después de la carbonatación, el material granular no puede dañarse, ya que esto alteraría la costra impermeabilizante en la superficie del material. Además, no se puede garantizar que cuando se aplica el material árido carbonatado en condiciones húmedas, el agua pueda difundirse dentro de las partículas, provocando aún así un hinchamiento y el agrietamiento de las partículas.

El documento US 2007/0068425 describe un proceso para reducir la expansión volumétrica de escorias de acero mediante una acción dual: aireación activa e hidratación. La aireación se logra moviendo pilas de escoria con un arado o una excavadora, mezclando así el material y provocando la aceleración de la carbonatación de los óxidos libres de magnesio y calcio al aumentar el contacto de la escoria con el aire atmosférico. Simultáneamente al proceso de aireación, se realiza un proceso de hidratación mediante aspersión con agua, acelerando así la hidratación de los óxidos contenidos en las escorias. Sin embargo, este proceso requiere bastante mano de obra ya que estos procedimientos deben realizarse diariamente para acelerar el proceso.

El documento US 2009/0260542 describe un método para producir un árido a partir de escorias de acero adecuado para su uso en aplicaciones de ingeniería civil. El método implica hacer reaccionar escorias de fabricación de acero (escorias LD o EAF) con aditivos de sulfato de hierro, reduciendo así el contenido de cal libre a niveles aceptables. Sin embargo, este proceso es difícil de realizar a escala industrial ya que la reacción química entre las escorias de fabricación de acero y los aditivos necesita realizarse en un mezclador de alta velocidad. Además, la reacción requiere una gran cantidad de productos químicos, lo que aumenta el coste del proceso.

Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un nuevo método para producir un árido alcalino en el que el proceso de envejecimiento del material alcalino pueda acelerarse sin requerir etapas adicionales de mano de obra intensiva durante el envejecimiento del material alcalino y sin requerir el uso de grandes cantidades de aditivos químicos.

Con este fin, el método según la presente invención se caracteriza porque al menos dicha porción del material alcalino granular se trata con un medio acuoso que contiene al menos un antiincrustante para acelerar dicho envejecimiento del material alcalino granular.

El material alcalino, o árido alcalino, tiene en particular un pH en solución de al menos 8,3. El pH de la solución del material alcalino se define como el pH del agua desmineralizada en la que el material alcalino granular se ha sumergido durante 18 horas en una relación líquido/sólido de 4,5. El material alcalino granular comprende un material granular de escorias de fabricación de acero inoxidable diferente de una escoria de alto horno, en particular un material de escorias de fabricación de acero inoxidable.

Como se define en la norma ASTM D6161, un antiincrustante es un compuesto agregado al agua que inhibe la precipitación de sales inorgánicas poco solubles. Se trata en particular de carbonato de calcio y carbonato de magnesio. El medio acuoso en particular contiene una cantidad de dicho al menos un antiincrustante que es eficaz para acelerar la reducción del porcentaje de hinchamiento.

- 5 El envejecimiento implica la penetración de agua dentro del material alcalino granular para hidratar los óxidos de calcio y/o magnesio libres contenidos en el mismo. Para los materiales de escorias de fabricación de acero, dependiendo del tipo de material de escorias de fabricación de acero, y especialmente del contenido de cal, dolima o magnesia libres del mismo, normalmente se necesitan varios meses o incluso un año, para hidratar las partículas de escorias de fabricación de acero hasta que su porcentaje de hinchamiento se reduce a menos que 1,5% o menos que 1%, cualquiera que sea el porcentaje de hinchamiento máximo permitido. Especialmente la hidratación de la magnesia es un proceso lento y requiere mucho tiempo. Según la invención, se ha encontrado que la adición de un antiincrustante al medio acuoso que se utiliza para tratar las partículas del material alcalino permite acelerar el proceso de envejecimiento.
- 10 Los presentes inventores consideran que la presencia del antiincrustante especialmente en los poros del material alcalino granular puede evitar el bloqueo de los poros del mismo. Mantener los poros del material alcalino más o más tiempo abiertos puede ser importante para obtener el envejecimiento acelerado del material alcalino. La fracción agregada del material de escorias de fabricación de acero tiene, por ejemplo, sólo una pequeña porosidad, de modo que el agua sólo puede penetrar lentamente en las partículas de escoria. La presencia de una pequeña cantidad de antiincrustante, en particular una cantidad de antiincrustante que pueda retrasar el inicio de la cristalización (fase de nucleación de la cristalización) de los carbonatos y/o retardar el crecimiento de los cristales de carbonato, puede tener así un efecto sustancial sobre la velocidad de hidratación de los óxidos libres de las partículas del material alcalino granular.
- 15 El material alcalino granular se puede tratar con dicho medio acuoso durante dicha etapa de envejecimiento, estando dicha agua al menos parcialmente contenida en dicho medio acuoso.
- 20 Mediante el uso de un antiincrustante se puede acelerar el proceso de envejecimiento sin tener que bajar el pH del agua utilizada para hidratar los óxidos libres.
- 25 Alternativa o adicionalmente, el material alcalino granular se puede tratar con dicho medio acuoso en una etapa adicional en la que al menos dicha porción del material alcalino granular se sumerge y se agita en dicho medio acuoso, etapa de inmersión y agitación que se realiza antes de dicha etapa de envejecimiento.
- Sorprendentemente, para lograr una aceleración sustancial del proceso de envejecimiento sólo parecía necesario un corto tiempo de tratamiento del material alcalino granular con el antiincrustante al sumergir y agitar el material alcalino granular en el medio acuoso.
- 30 En una realización del método según la invención, el material alcalino granular se agita en dicho medio acuoso durante al menos 10 segundos, preferiblemente durante al menos 20 segundos y más preferiblemente durante al menos 30 segundos.
- En una realización del método según la invención, el material alcalino granular se agita en el medio acuoso durante como máximo 20 minutos, preferentemente durante como máximo 15 minutos, y más preferentemente durante como máximo 10 minutos.
- 35 Con tales tiempos de tratamiento, se puede lograr una actividad óptima del antiincrustante, evitando al mismo tiempo largas etapas de procesamiento y grandes instalaciones.
- La etapa de agitación se puede realizar de acuerdo con un proceso discontinuo o continuo. Se entiende que en el caso de un proceso continuo los tiempos de agitación descritos anteriormente se refieren al tiempo promedio de residencia del material alcalino en el medio acuoso.
- 40 En una realización del método según la invención, la etapa de inmersión y agitación se realiza en un aparato de pulsaciones vía húmeda, o el llamado pulsador, que contiene el medio acuoso en el que se sumerge y se agita el material alcalino granular. Para mejorar el proceso de separación en el aparato de pulsaciones vía húmeda, el medio acuoso contenido en el mismo se agita preferiblemente en el mismo a una frecuencia mayor que 0,1 Hz, preferiblemente mayor que 0,5 Hz y más preferiblemente mayor que 0,7 Hz, pero menor que 15 Hz, y preferiblemente menor que 7 Hz.
- 45 El material alcalino granular se separa en particular en dicho aparato de pulsaciones vía húmeda en al menos una fracción más ligera y en al menos una fracción más pesada. Para los materiales de escorias de fabricación de acero, la fracción más pesada tiene un mayor contenido de acero que la fracción más ligera. La fracción más ligera se utiliza para proporcionar dicha porción del material alcalino granular que se somete a dicha etapa de envejecimiento. La fracción más ligera puede someterse en su totalidad a la etapa de envejecimiento o sólo una o más fracciones de la misma que se obtienen tamizando la fracción más ligera en una o más fracciones. Una fracción fina, por ejemplo una fracción de 0 a 2 mm, puede separarse, por ejemplo, por tamizado de la fracción más ligera.
- 50 Las características funcionales de un aparato de pulsaciones vía húmeda se describen, por ejemplo, en el documento EP 1312415. El tratamiento de pulsaciones vía húmeda permite la división o segregación de los materiales de alta y baja densidad que se depositan entre sí. El material de alta densidad, que tiene un mayor contenido de acero, formará una "fracción más pesada", mientras que el material de baja densidad formará una "fracción más ligera". Por lo tanto,
- 55

en un pulsador es posible recuperar el valioso material de acero de la fracción de escorias restante. A pesar del corto tiempo de residencia de las partículas en el pulsador, se encontró que la fuerte agitación en el mismo, en combinación con el antiincrustante contenido en el medio acuoso, era suficiente para proporcionar una aceleración sustancial del posterior proceso de envejecimiento del material árido.

- 5 En una realización del método según la invención, el material alcalino granular comprende un material de escorias granular de fabricación de acero, preferiblemente un material de escorias granular de fabricación de acero inoxidable.

Las escorias de acero inoxidable tienen la ventaja de que generalmente contienen menos óxidos libres que, por ejemplo, las escorias LD, de modo que su porcentaje de hinchamiento se puede reducir más rápidamente y/o a un valor más bajo. Por lo tanto, los áridos de escorias de fabricación de acero inoxidable son más seguros de utilizar como áridos en la construcción de carreteras o edificios.

- 10

En una realización del método según la invención, la etapa de envejecimiento se realiza rociando agua, preferiblemente el medio acuoso que contiene el antiincrustante, sobre dicha porción del material alcalino granular, preferiblemente sobre pilas de material alcalino granular.

- 15 Este procedimiento de envejecimiento tiene la ventaja de requerir una mano de obra mínima y una infraestructura menos costosa. Usando el antiincrustante en el agua de rociado, y preferiblemente también en el medio acuoso en el que el material alcalino está sumergido y agitado, se puede lograr una hidratación relativamente rápida de los óxidos libres simplemente rociando agua sobre las pilas de material alcalino durante el envejecimiento (natural) del mismo.

- 20 En una realización del método según la invención, el material alcalino que se trata con dicho medio acuoso comprende más que 90% en peso de partículas que tienen un tamaño de partícula entre 1 y 50 mm, preferiblemente más que 90% en peso de partículas que tienen un tamaño de partícula entre 1,5 y 30 mm y más preferiblemente más que 90% en peso de partículas que tienen un tamaño de partícula entre 2 y 20 mm.

En una realización del método según la invención, el método comprende, después del envejecimiento del material alcalino granular, la etapa adicional de separar el material en al menos dos fracciones diferentes que tienen diferentes tamaños de partículas.

- 25 De esta forma, las diferentes fracciones se pueden utilizar para diferentes aplicaciones, requiriendo diferentes tamaños de partículas. Por otro lado, para obtener el agregado más grueso deseado se puede separar por tamizado una fracción fina producida por agrietamiento de algunas de las partículas iniciales del material alcalino.

En una realización del método según la invención, el pH de dicho medio acuoso es superior a 9,0, preferiblemente superior a 10,0, más preferiblemente superior a 10,5 y lo más preferiblemente superior a 11.

- 30 Mantener un pH alto puede fomentar la actividad del antiincrustante al reducir la disolución de los hidróxidos de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) y de magnesio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) y por lo tanto la concentración de calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}) iónico en solución en el medio acuoso.

- 35 Preferiblemente, la etapa de inmersión y agitación se realiza en un recipiente que contiene el medio acuoso, recirculándose el medio acuoso contenido en el recipiente sobre un depósito regulador y rellenándose el antiincrustante en el medio acuoso que se suministra desde el depósito al recipiente (es decir, al medio acuoso que ya se ha sacado del depósito regulador para ser suministrado al recipiente) y/o al medio acuoso que está contenido en el recipiente.

- 40 Debido al alto pH del material de escorias de fabricación de acero, dicha recirculación permite alcanzar un alto pH del medio acuoso, sin necesidad de añadir más aditivos alcalinos al medio acuoso. Añadir el antiincrustante al medio acuoso contenido en el recipiente en el que se sumerge y agita el material de escoria, o al medio acuoso que ya se ha sacado del depósito regulador para ser suministrado al recipiente (dosificando el antiincrustante en la tubería a través de la cual se introduce el medio acuoso en este recipiente), parecía ser mucho más efectivo, especialmente en el caso de un depósito regulador bastante grande, en comparación con adicionar el antiincrustante al propio depósito regulador.

- 45 Más preferiblemente, la etapa de envejecimiento también se realiza con el medio acuoso del depósito regulador. Luego se aplica el medio acuoso sobre el material alcalino granular que se está envejeciendo y se deja percolar a través de este material alcalino granular. El medio acuoso percolado se captura y se recicla adicionalmente al depósito regulador.

- 50 Debido al elevado pH del material alcalino que se está envejeciendo, dicha recirculación también contribuye a conseguir un elevado pH del medio acuoso.

Aún más preferiblemente, se añade un antiincrustante adicional al medio acuoso que se suministra desde el depósito regulador a la porción del material alcalino que se está envejeciendo, en particular al medio acuoso que se aplica sobre esta porción del material alcalino granular.

Esto acelera aún más la hidratación de los óxidos libres.

En una realización del método según la invención, el medio acuoso usado para tratar el material alcalino granular contiene al menos un antiincrustante en una cantidad total de al menos 0,5 ppm, preferiblemente de al menos 1,0 ppm y más preferiblemente de al menos 2,0 ppm.

5 La expresión "cantidad total de antiincrustante" se refiere bien a la cantidad de antiincrustante, es decir, de principio activo, cuando el medio acuoso contiene sólo un antiincrustante, o a la suma de las cantidades de los antiincrustantes, es decir, de sus principios activos, cuando el medio acuoso contiene más de un antiincrustante.

10 En una realización, el antiincrustante que se añade al medio acuoso se selecciona del grupo que comprende polifosfatos, ácidos fosfónicos, ácidos policarboxílicos, en particular homopolímeros o copolímeros derivados de monómeros etilénicamente insaturados que comprenden al menos un grupo funcional carboxílico; homopolímeros o copolímeros derivados de monómeros etilénicamente insaturados que comprenden al menos un grupo funcional ácido sulfónico, sulfúrico, fosfónico o fosfórico, y sus sales, preferiblemente polifosfatos, ácidos fosfónicos, homopolímeros o copolímeros derivados de monómeros etilénicamente insaturados que comprenden al menos un grupo funcional carboxílico y sales de los mismos.

15 Entre los monómeros etilénicamente insaturados que comprenden al menos un grupo funcional carboxílico, se pueden citar el ácido acrílico, el ácido metacrílico, el ácido metilmetacrílico, el ácido maleico, el ácido fumárico, el ácido itacónico o el ácido aspártico. Entre los monómeros etilénicamente insaturados que comprenden al menos un grupo funcional carboxílico, se puede preferir el ácido acrílico o el ácido metacrílico.

20 Entre los monómeros etilénicamente insaturados que comprenden al menos un grupo funcional sulfúrico o sulfónico, se pueden citar, por ejemplo, el ácido vinilsulfónico, el ácido alilsulfónico, el estireno, el ácido sulfónico, el ácido bencenosulfónico, el ácido metilalilsulfónico, el ácido 1-propanosulfónico, el ácido 2-acrilamido-2-metil-1-propanosulfónico, o el ácido 3-[N,N-dimetilvinilbencilamonio)propanosulfónico y sus correspondientes análogos de sulfato.

Entre los monómeros etilénicamente insaturados que comprenden al menos un grupo funcional ácido fosfónico, se pueden citar el ácido vinilfosfónico, el ácido 2-metoxietilfosfónico o el ácido 2-(metacrililoixi)propilfosfónico.

25 Los homopolímeros preferidos derivados de monómeros etilénicamente insaturados que comprenden al menos un grupo funcional carboxílico, y sus sales, son poli(ácido acrílico), poli(ácido metacrílico), poli(ácido maleico) y poli(ácido aspártico) y sus sales.

30 Los copolímeros preferidos derivados de monómeros etilénicamente insaturados que comprenden al menos un grupo funcional carboxílico son aquellos en los que los monómeros etilénicamente insaturados que comprenden al menos un grupo funcional carboxílico están copolimerizados con monómeros etilénicamente insaturados que comprenden al menos un grupo funcional ácido sulfónico, sulfúrico, fosfónico o fosfórico o mezclas de los mismos.

Tales antiincrustantes parecieron ser eficaces para acelerar el proceso de envejecimiento del material alcalino.

35 Los polifosfatos son en particular polifosfatos como se identifican en la norma NEN-EN 15041:2014, los ácidos fosfónicos y sus sales son en particular ácidos fosfónicos y sus sales como se identifican en la norma NEN-EN 15040:2014. Los poli(ácidos carboxílicos) son en particular homopolímeros o copolímeros derivados de monómeros etilénicamente insaturados que comprenden al menos un grupo funcional carboxílico y sus sales identificadas en la norma NEN-EN 15039:2014.

40 Finalmente, la invención también se dirige al uso de al menos un antiincrustante para acelerar la hidratación de al menos parte de los óxidos de calcio y/o magnesio libres contenidos en un material alcalino granular para reducir el porcentaje de hinchamiento del mismo hasta un valor menor que 1,5%, preferentemente inferior al 1%, cuyo porcentaje de hinchamiento se determina según la norma NBN EN 1744-1 (2013), artículo 19.3.

Otras particularidades y ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción de algunas realizaciones particulares del método según la presente invención. Los números de referencia utilizados en la descripción se refieren a los dibujos adjuntos en los que:

45 La Figura 1 ilustra esquemáticamente una instalación para llevar a cabo un método según la presente invención, instalación que comprende un pulsador en donde un material granular de escorias de fabricación de acero se sumerge y se agita en un medio acuoso;

La Figura 2 muestra esquemáticamente el pulsador de la instalación ilustrada en la Figura 1 a mayor escala;

50 La Figura 3 es un gráfico que muestra la reducción del porcentaje de hinchamiento de un árido granular de escorias de fabricación de acero durante un determinado periodo de tiempo de envejecimiento obtenido en un experimento comparativo en el que no se añade antiincrustante al pulsador ni al agua utilizada durante el proceso de envejecimiento del árido de escoria; y

Las Figuras 4 y 5 son gráficos que muestran la reducción del porcentaje de hinchamiento de un árido granular de escorias de fabricación de acero durante un determinado periodo de tiempo de envejecimiento obtenido en los dos experimentos en los que se añade un antiincrustante al agua utilizada en el pulsador y al agua utilizada durante el proceso de envejecimiento.

5 La presente invención se refiere en general a un método para producir un árido alcalino con una capacidad de hinchamiento reducida a partir de un material alcalino granular que tiene una capacidad de hinchamiento mayor. El material alcalino es preferiblemente un subproducto, en particular un subproducto que tiene las propiedades mecánicas requeridas para usarse como árido en hormigón, asfalto u otros materiales de construcción. El subproducto puede comprender cenizas de fondo y/o una escoria de fabricación de acero. El material de escorias de fabricación de acero puede ser un material de escorias producido durante la producción de acero al carbono, pero preferiblemente es un material de escorias producido durante la producción de acero inoxidable, en particular escoria EAF, escoria AOD o escoria VOD. El material de escorias de fabricación de acero se genera normalmente durante la producción de acero y forma una capa protectora sobre el baño de acero, protegiendo así el acero fundido contra la oxidación. El material de escorias también purifica el acero absorbiendo óxidos e impurezas. Además del material de escorias propiamente dicho, las escorias de fabricación de acero también contienen partículas de acero de diferentes tamaños, que pueden reciclarse.

Para valorizar al máximo las cenizas de fondo, pero especialmente las escorias de fabricación de acero, por ejemplo en aplicaciones de ingeniería civil, es necesario reducir el contenido en óxidos libres de calcio y/o magnesio de las escorias. De hecho, se ha observado que estos óxidos pueden, después de la exposición a la humedad, hincharse y provocar deformaciones o grietas en el hormigón o en el asfalto en el que se ha incorporado el material granular de escorias de fabricación de acero, por ejemplo para la construcción de carreteras. A este respecto, es preferible utilizar material de escorias de fabricación de acero derivado de la producción de acero inoxidable, ya que generalmente contiene inherentemente menos óxidos libres en comparación con otros tipos de escorias de fabricación de acero normalmente utilizadas. En todos los casos, para que el material de escorias granular de fabricación de acero sea adecuado para su uso como materia prima, por ejemplo, en materiales de construcción, su porcentaje de hinchamiento tiene que reducirse hasta un valor que sea inferior al 1,5%, más preferiblemente inferior al 1%, determinado según la norma NBN EN 1744-1 (2013), artículo 19.3.

En la práctica, las escorias de fabricación de acero líquidas se vierten primero en fosas para que solidifiquen. Luego, las escorias solidificadas se rompen y se trituran en una o más etapas y se tamizan para producir un material granular 1 de escorias de fabricación de acero. Durante la producción de este material granular de escoria, la mayoría de las partículas de acero se eliminan manualmente del mismo y mediante técnicas de separación magnética. Los procesos adecuados para este fin son conocidos por el experto y se describen, por ejemplo, en los documentos EP 3122909 y EP 1146022.

Como se ilustra en la Figura 1, el material granular 1 de escorias de fabricación de acero se puede almacenar temporalmente en un búnker 2. Preferiblemente comprende más que 90% en peso de partículas que tienen un tamaño de partícula entre 1 y 50 mm, preferiblemente entre 1,5 y 30 mm y más preferiblemente entre 2 y 20 mm. El material granular 1 de escorias de fabricación de acero puede comprender, por ejemplo, una fracción de 2 a 10 mm, o una fracción de 2 a 14 mm, del material de escorias de fabricación de acero triturado. Para recuperar más acero de este material 1 de escorias de acero, se puede someter a una etapa de pulsación, en un aparato 5 de pulsaciones vía húmeda, en el que el material de escorias se divide en una fracción 3 más ligera y una fracción 4 más pesada. La fracción más pesada comprende partículas de acero mientras que la fracción más ligera comprende partículas de escoria. El aparato de pulsaciones vía húmeda o pulsador 5 permite realizar la separación entre estas dos fracciones basándose en la diferencia de densidad (es decir, peso específico) del acero y del material de escoria. Como se muestra esquemáticamente en la Figura 2, el material granular 1 de escorias de fabricación de acero y el agua 6 utilizados para llevar a cabo la etapa de separación por densidad se transportan a través de un alimentador 7 en forma de canal hasta la entrada del pulsador. La entrada del pulsador consiste en una placa oblicua 8, sobre la cual la mezcla del material granular 1 de escorias de fabricación de acero y el agua 6 se deslizan hacia un recipiente 9 formado por el pulsador 5. El agua 6 y el material de escorias 1 contenidos en el recipiente 9 se someten a vibraciones ("pulsaciones") usando una máquina de pulsaciones 24. Esta máquina de pulsaciones 24 puede ser una máquina de pulsaciones neumática y está situada detrás de una pared divisoria 13 que divide el recipiente 9 en dos compartimentos. La pared divisoria 13 no se extiende hasta el fondo del recipiente 9 de modo que se forma una abertura que conecta ambos compartimentos. La máquina de pulsaciones genera un movimiento pulsante en el agua 6 que se ilustra mediante las flechas dobles 10. La separación de los materiales se basa en el hecho de que las partículas en el lecho de partículas de escorias dispuestas en una rejilla inclinada 11 en la parte superior del pulsador 5 se estratifican en agua pulsante. Las corrientes pulsantes ascendentes y descendentes fluidizan y compactan las partículas en el lecho de partículas de escorias en capas relativamente homogéneas. Las partículas de baja densidad se estratifican en la superficie del lecho de partículas de escoria, mientras que las partículas de mayor densidad se depositan en el nivel inferior del lecho, en la rejilla 11.

El pulsador 5 tiene una salida superior 16, para la fracción 3 más ligera, y una salida inferior 17 para la fracción 4 de acero más pesada. Ambas fracciones sólo se han ilustrado esquemáticamente en la Figura 2. Junto con estas fracciones, el agua 6 también fluye por ambas salidas 16, 17 fuera del pulsador 5. El agua 6 se extrae de las fracciones más ligeras y más pesadas y se conduce a través de tuberías 18 a un depósito regulador 12. El agua de este depósito

regulador 12 se recicla a la entrada del pulsador 5 a través de la bomba 25 y la tubería 20.

La fracción 3 más ligera todavía comprende una cantidad de partículas de escorias que tienen un mayor contenido de acero. Estas partículas de escorias se eliminan preferentemente magnéticamente de la fracción 3 más ligera antes de que se acumule en forma de pilas 14. Alternativamente, las partículas de escorias que tienen un mayor contenido de acero se pueden eliminar de la fracción 3 más ligera por medio de un segundo pulsador que puede ajustarse para permitir la eliminación de las partículas más pesadas de la fracción 3 más ligera. La fracción 3 más ligera se somete luego a un tratamiento con agua en un proceso normalmente denominado "envejecimiento". Durante este proceso de envejecimiento, el agua penetrará dentro del material granular 1 de escorias de fabricación de acero e hidratará los óxidos libres de calcio y/o magnesio contenidos en el mismo. La afinidad del óxido de calcio por el agua es mayor que la del óxido de magnesio, de modo que el óxido de calcio libre puede haber sido neutralizado al menos parcialmente en las etapas de producción anteriores, por ejemplo cuando el material de escorias se enfría rociándolo con agua y especialmente también durante y después de la etapa de pulsaciones vía húmeda cuando el material de escorias todavía está húmedo. Sin embargo, el óxido de magnesio, o los óxidos mixtos de magnesio y calcio, tardan mucho más en hidratarse.

La etapa de envejecimiento se realiza preferiblemente rociando agua 3 sobre las pilas 14. La pulverización del agua se puede realizar utilizando aspersores 15 o similares.

Preferiblemente, el agua 6 contenida en el depósito regulador 12 se utiliza para rociar sobre las pilas 14 de material de escorias que se está envejeciendo y, por lo tanto, se recircula a través de la bomba 26 y las tuberías 21 sobre el mismo depósito regulador 12 que se utiliza para recircular el agua del pulsador 5. Después de aplicarse sobre las pilas 14, el agua 6 que se percola a través de las pilas 14 se captura a través de un sistema de recogida de agua 19 y se recicla al depósito regulador 12. El agua 6 puede rociarse continua o intermitentemente sobre las pilas 14 para mantener las partículas de la escoria granular de fabricación de acero suficientemente húmedas para la reacción de hidratación.

El envejecimiento del material de escorias 3 de acería tiene que llevarse a cabo hasta que el porcentaje de hinchamiento del material 3 de escoria, determinado según la norma NBN EN 1744-1 (2013), artículo 19.33, sea suficientemente bajo para que el material 3 de escorias se puede utilizar como árido de escorias para cemento o materiales de construcción bituminosos. El porcentaje de hinchamiento debe ser inferior al 1,5% y preferiblemente inferior al 1%. Especialmente debido a la presencia de óxidos de magnesio libres, o de óxidos de calcio/magnesio libres, el período mínimo de envejecimiento para lograr la reducción requerida del porcentaje de hinchamiento puede comprender varios meses. Un inconveniente de un período de envejecimiento tan largo no es sólo que la producción de los áridos de escorias de fabricación de acero requiere mucho tiempo, sino también que hay que proporcionar mucho espacio de almacenamiento para las grandes pilas que deben envejecerse.

De acuerdo con la presente invención, se ha descubierto que el período mínimo de envejecimiento se puede reducir mediante el uso de un antiincrustante durante la etapa de inmersión y agitación y/o durante la etapa de envejecimiento. En el método ilustrado en los dibujos, la etapa de inmersión y agitación se lleva a cabo en el recipiente 9 del pulsador 5, estando formado el medio acuoso por el agua 6 contenida en el pulsador 5. El material 1 de escorias de fabricación de acero que se sumerge y agita en el medio acuoso 6 comprende preferiblemente más que 90% en peso de partículas que tienen un tamaño de partícula entre 1 y 50 mm, preferiblemente entre 1,5 y 30 mm y más preferiblemente entre 2 y 20 mm. El material 1 de escorias de acería alimentado al pulsador comprende, por ejemplo, una fracción de 0 a 10 mm, o una fracción de 0 a 14 mm del material de escorias de acería triturado. El material granular 1 de escorias de fabricación de acero se agita preferiblemente en el medio acuoso 6 durante al menos 10 segundos, preferiblemente durante al menos 20 segundos y más preferiblemente durante al menos 30 segundos. Preferiblemente se agita en el medio acuoso 6 durante como máximo 20 minutos, preferiblemente durante como máximo 15 minutos y más preferiblemente durante como máximo 10 minutos. Los tiempos de agitación están determinados por el tiempo medio de residencia del material 1 de escorias en el pulsador 5.

El antiincrustante es un compuesto añadido al agua que inhibe la cristalización de sales inorgánicas poco solubles, en particular de carbonato de calcio y carbonato de magnesio, retrasando el inicio de la cristalización, es decir, la nucleación, y/o retardando el crecimiento de los cristales. El medio acuoso en particular contiene una cantidad de dicho al menos un antiincrustante que es eficaz para acelerar la reducción del porcentaje de hinchamiento. En particular, la cantidad de antiincrustante es preferiblemente eficaz para reducir el tiempo mínimo de envejecimiento requerido para reducir el porcentaje de hinchamiento promedio del material alcalino a 0,75%, en particular para reducir este tiempo mínimo de envejecimiento con al menos 10%, preferiblemente con al menos 20%. El porcentaje de hinchamiento promedio se determina tomando cada día una muestra del material alcalino, midiendo el porcentaje de hinchamiento del mismo de acuerdo con la norma NBN EN 1744-1 (2013) y calculando el valor promedio de los porcentajes de hinchamiento durante los últimos siete días.

El medio acuoso usado para tratar el material alcalino granular 1 contiene preferiblemente el o los antiincrustantes en una cantidad total de al menos 0,5 ppm, preferiblemente de al menos 1,0 ppm y más preferiblemente de al menos 2,0 ppm. La cantidad total de antiincrustantes en el medio acuoso es preferiblemente inferior a 100 ppm, más preferiblemente inferior a 50 ppm. La cantidad de antiincrustante es la cantidad total de ingredientes activos, es decir, de inhibidores de incrustaciones, que contiene.

El antiincrustante se selecciona preferiblemente del grupo que comprende polifosfatos, ácidos fosfónicos, poli(ácidos carboxílicos) y sus sales. El antiincrustante se selecciona más preferiblemente del grupo que consiste en:

- Un tripolifosfato, tal como (STPP) $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$;
- Un hexametáfosfato, tal como (SHMP) $(\text{NaPO}_3)_6$;
- 5 - Ácido aminotris(metilenfosfónico) (ATMP) $\text{N}(\text{CH}_2\text{PO}_3\text{H}_2)_3$;
- Ácido 1-hidroxi-etilideno-1,1-difosfónico (HEDP) $\text{CH}_3\text{C}(\text{PO}_3\text{H}_2)_2\text{OH}$;
- Ácido etilendiaminotetra(metilenfosfónico) (EDTMP) $(\text{PO}_3\text{H}_2\text{CH}_2)_2\text{N}(\text{CH}_2)_2\text{N}(\text{CH}_2\text{PO}_3\text{H}_2)_2$;
- Ácido hexametilendiaminatetra(metilenfosfónico) (HMTMP) $(\text{CH}_2\text{PO}_3\text{H}_2\text{CH}_2)_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{N}(\text{CH}_2)_2\text{PO}_3\text{H}_2$;
- Ácido dietilentriaminapenta(metilenfosfónico) (DETMP) $\text{N}(\text{CH}_2)\text{PO}_3\text{H}_2[(\text{CH}_2)_2\text{N}(\text{PO}_3\text{H}_2)_2]_2$;
- 10 - Ácido 2-fosfonobutano-1,2,4-tricarboxílico (PBTC) $\text{CH}_2\text{COOHC}(\text{PO}_3\text{H}_2)\text{COOH}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$;
- Poli(ácido acrílico) (PAA) $(\text{CH}_2\text{CHCOOH})_n$;
- Poli(ácido metacrílico) (PMAA) $(\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOH})_n$; y
- Poli(ácido maleico) (PMA) $(\text{CHCOOHCHCOOH})_n$.

15 El antiincrustante se dosifica preferiblemente a través de un aparato de dosificación 22 en la tubería 20 que alimenta el medio acuoso 6 desde el depósito regulador 12 al pulsador 5. Alternativamente, el antiincrustante también podría dosificarse directamente en el recipiente 9 del pulsador 5. Mediante el sistema continuo de circulación del medio acuoso 6 a través del pulsador 5, se mantiene en el mismo una concentración sustancialmente constante de antiincrustante cuando se dosifica el antiincrustante continuamente en este medio acuoso 6.

20 El medio acuoso 6 en el que se sumerge y agita el material alcalino 1 tiene preferiblemente un pH relativamente alto, en particular un pH superior a 9, preferiblemente superior a 10, más preferiblemente superior a 10,5 y lo más preferiblemente superior a 11. Con valores de pH tan altos, la concentración de iones calcio y magnesio es muy pequeña en el medio acuoso debido a la alta concentración de iones hidroxilo. Dicha concentración tan baja de iones de calcio y magnesio en el medio acuoso podría deberse al efecto de cantidades bastante pequeñas de antiincrustante en el medio acuoso.

25 El alto pH del medio acuoso 6 se puede lograr automáticamente en el pulsador 5 recirculando el medio acuoso o el agua 6 a través de las tuberías 18, 20 sobre el pulsador 5 y el depósito regulador 12. La recirculación del medio acuoso o del agua 6 a través de las tuberías 21 sobre las pilas 14 provoca también un aumento del pH del medio acuoso 6.

30 Preferiblemente, en las tuberías 21 que alimentan el agua desde el depósito regulador 12 a los aspersores 15 también se dosifica un antiincrustante por medio de un aparato dosificador 23. De esta manera, se aplica más antiincrustante sobre el material granular 3. El antiincrustante dosificado en el agua 6 utilizada para envejecer el material granular 3 puede ser el mismo o diferente del antiincrustante que se dosifica en el medio acuoso 6 en el pulsador 5.

35 En la realización descrita anteriormente, el antiincrustante se alimenta al agua contenida en el pulsador 5. Alternativamente, especialmente cuando no se usa ningún pulsador 5, por ejemplo porque la fracción 4 más pesada no se separa de la fracción 3 más ligera, el material de escorias 1 también puede ser conducido a través de un baño que contiene el antiincrustante y en el que el material de escorias se agita o se agita de otro modo. Sin embargo, se prefiere agitar el material de escorias 1 en el pulsador 5 ya que, de este modo, no se requiere ninguna etapa de tratamiento adicional para tratar el material de escorias 1 con el antiincrustante.

Experimentos

40 En los siguientes experimentos, se produjo una escoria granular 1 de fabricación de acero inoxidable triturando material de escorias procedente de una fábrica de acero inoxidable y sometiendo el material de escorias triturado a varias etapas de trituración y tamizado, hasta que se obtuvo una fracción de escorias de acero inoxidable que tenía un tamaño partícula entre 2 y 10 mm. Esta fracción de escorias de acero se separó mediante un pulsador en una fracción de escorias más ligera y una fracción de metal más pesada. El tiempo de residencia de la fracción de escorias de acero en el pulsador fue de aproximadamente 0,5 a 1 minuto. Las partículas más pesadas se separaron magnéticamente de la fracción más ligera que salía del pulsador y la fracción más ligera restante se almacenó posteriormente en una gran pila, en una caja, de 20 a 25.000 toneladas. Durante el envejecimiento del material de escorias de esta pila, después de que la caja se hubo llenado, se roció continuamente con agua mediante un aspersor instalado en la parte superior de la pila. El agua utilizada para el pulsador y el aspersor procedía del mismo depósito regulador y tenía un pH entre 12 y 13.

En el primer experimento comparativo no se utilizó ningún agente antiincrustante. La Figura 3 muestra los porcentajes de hinchamiento que se determinaron a partir de la quinta semana del periodo de envejecimiento añadiendo el antiincrustante únicamente al agua suministrada al aspersor. Las mediciones se realizaron cada cuatro días.

5 Se puede observar que pasaron al menos 5 a 6 meses antes de que el porcentaje de hinchamiento cayera consistentemente por debajo del 1,0%.

En los dos experimentos siguientes se añadió un antiincrustante al agua alimentada al aspersor y al agua alimentada al pulsador. Se hizo uso de Antiprex® D (BASF) que contenía 40% en peso de sal sódica de poli(ácido acrílico) de bajo peso molecular como ingrediente activo. El Antiprex® D se dosificó en una cantidad de 3,3 mL/m³ de agua alimentada al aspersor y en una cantidad de 5,75 mL/m³ de agua alimentada al pulsador.

10 Las Figuras 4 y 5 muestran los porcentajes de hinchamiento que se determinaron a partir del día en que se llenó la caja y se inició el rociado con agua. Se puede observar que inicialmente el porcentaje de hinchamiento era superior al 2%, pero que este porcentaje de hinchamiento descendió rápidamente, al cabo de varios días, por debajo del 1%. Después de aproximadamente un mes, el porcentaje de hinchamiento era incluso consistentemente inferior al 0,75%.

15 Se realizó otro experimento en el que Antiprex® D fue reemplazado por Depositrol® BL5600 que contenía ácido 2-fosfonobutano-1,2,4-tricarboxílico (PBTC). Depositrol® BL5600 también permitió acelerar la neutralización de los óxidos libres en el árido de escorias de acero inoxidable.

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir un árido alcalino (3), método que comprende las etapas de:
- Proporcionar un material alcalino granular (1) que comprende un material granular (1) de escorias de fabricación de acero, excluidas las escorias de alto horno, y que contiene óxidos libres de calcio y/o magnesio, y
 - Envejecer al menos una porción (3) del material alcalino granular (1), porción (3) que tiene un porcentaje predeterminado de hinchamiento determinado según la norma NBN EN 1744-1 (2013) artículo 19.3, para reducir este porcentaje de hinchamiento a un valor que es menor que 1,5%, preferiblemente menor que 1,0%, etapa de envejecimiento durante la cual dicha porción (3) de dicho material alcalino granular (1) se trata con agua para hidratar al menos parte de dichos óxidos libres,
- caracterizado porque al menos dicha porción (3) del material alcalino granular (1) se trata con un medio acuoso (6) que contiene al menos un antiincrustante para acelerar dicho envejecimiento del material alcalino granular (1).
2. El método según la reivindicación 1, caracterizado porque el material alcalino granular (1) comprende un material (1) de escorias de fabricación de acero inoxidable.
3. El método según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el material alcalino granular (1) se trata con dicho medio acuoso (6) durante dicha etapa de envejecimiento, estando dicha agua al menos parcialmente contenida en dicho medio acuoso (6).
4. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el material alcalino granular (1) se trata con dicho medio acuoso (6) en una etapa adicional en la que al menos dicha porción (3) del material alcalino granular se sumerge y se agita en dicho medio acuoso (6), etapa de inmersión y agitación que se realiza antes de dicha etapa de envejecimiento.
5. El método según la reivindicación 4, caracterizado porque el material alcalino granular (1) se agita en dicho medio acuoso (6) durante al menos 10 segundos, preferiblemente durante al menos 20 segundos y más preferiblemente durante al menos 30 segundos.
6. El método según la reivindicación 4 ó 5, caracterizado porque el material alcalino granular (1) se agita en dicho medio acuoso (6) durante como máximo 20 minutos, preferiblemente durante como máximo 15 minutos y más preferiblemente durante como máximo 10 minutos.
7. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, caracterizado porque dicha etapa de inmersión y agitación se realiza en un aparato (5) de pulsaciones vía húmeda que contiene el medio acuoso (6) en el que dicho material alcalino granular (1) se sumerge y se agita.
8. El método según la reivindicación 7, caracterizado porque dicho material alcalino granular (1) se separa en dicho aparato (5) de pulsaciones vía húmeda en al menos una fracción (3) más ligera y una fracción (4) más pesada, proporcionando la fracción (3) más ligera dicha porción (3) del material alcalino granular que se somete a dicha etapa de envejecimiento.
9. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque la etapa de envejecimiento se realiza rociando dicha agua sobre dicha porción (3) del material alcalino granular (1), preferiblemente sobre pilas (14) de dicho material alcalino granular.
10. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque el pH de dicho medio acuoso (6) es superior a 9,0, preferiblemente superior a 10,0, más preferiblemente superior a 10,5 y lo más preferiblemente superior a 11,0.
11. El método según la reivindicación 10, caracterizado porque dicha etapa de inmersión y agitación se realiza en un recipiente (9) que contiene dicho medio acuoso (6), recirculándose el medio acuoso (6) contenido en dicho recipiente (9) sobre un depósito regulador (12), reponiéndose dicho antiincrustante en el medio acuoso (6) que se suministra desde dicho depósito regulador (12) a dicho recipiente (9) y/o al medio acuoso (6) que está contenido en dicho recipiente (9).
12. El método según la reivindicación 11, caracterizado porque dicha etapa de envejecimiento se realiza con medio acuoso (6) de dicho depósito regulador (12), aplicándose dicho medio acuoso (6) sobre dicha porción (3) del material alcalino granular (1) que se está envejeciendo y se deja percolar a través de este material alcalino granular, medio acuoso percolado que es capturado y reciclado a dicho depósito regulador (12).
13. El método según la reivindicación 12, caracterizado porque se añade al menos un antiincrustante adicional al medio acuoso (6) que se suministra desde dicho depósito regulador (12) a dicha porción (3) del material alcalino (1) que se está envejeciendo, en particular al medio acuoso (6) que se aplica sobre esta porción (3) del material alcalino granular (1).

14. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque dicho medio acuoso (6) contiene dicho al menos un antiincrustante en una cantidad total de al menos 0,5 ppm, preferiblemente de al menos 1,0 ppm y más preferiblemente de al menos 2,0 ppm (todas las ppm en volumen)
- 5 15. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado porque el material alcalino (1) que se trata con dicho medio acuoso (6) comprende más que 90% en peso de partículas que tienen un tamaño de partícula entre 1 y 50 mm, preferiblemente entre 1,5 y 30 mm y más preferiblemente entre 2 y 20 mm.
- 10 16. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado porque dicho antiincrustante se selecciona del grupo que comprende polifosfatos, ácidos fosfónicos, poli(ácidos carboxílicos), homopolímeros o copolímeros derivados de monómeros etilénicamente insaturados que comprenden al menos un grupo funcional ácido sulfónico, sulfúrico, fosfónico o fosfórico, y sus sales.
17. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, caracterizado porque dicho antiincrustante comprende un poli(ácido acrílico), poli(ácido metacrílico), poli(ácido maleico) y/o poli(ácido aspártico) o una sal de los mismos.
- 15 18. Uso de al menos un antiincrustante para acelerar la hidratación de al menos parte de los óxidos de calcio y/o magnesio libres contenidos en un material alcalino granular (1) que comprende un material granular (1) de escorias de fabricación de acero, excluidas las escorias de alto horno, para reducir su porcentaje de hinchamiento hasta un valor inferior al 1,5%, preferiblemente inferior al 1%, porcentaje de hinchamiento que se determina según la norma NBN EN 1744-1 (2013), artículo 19.3.

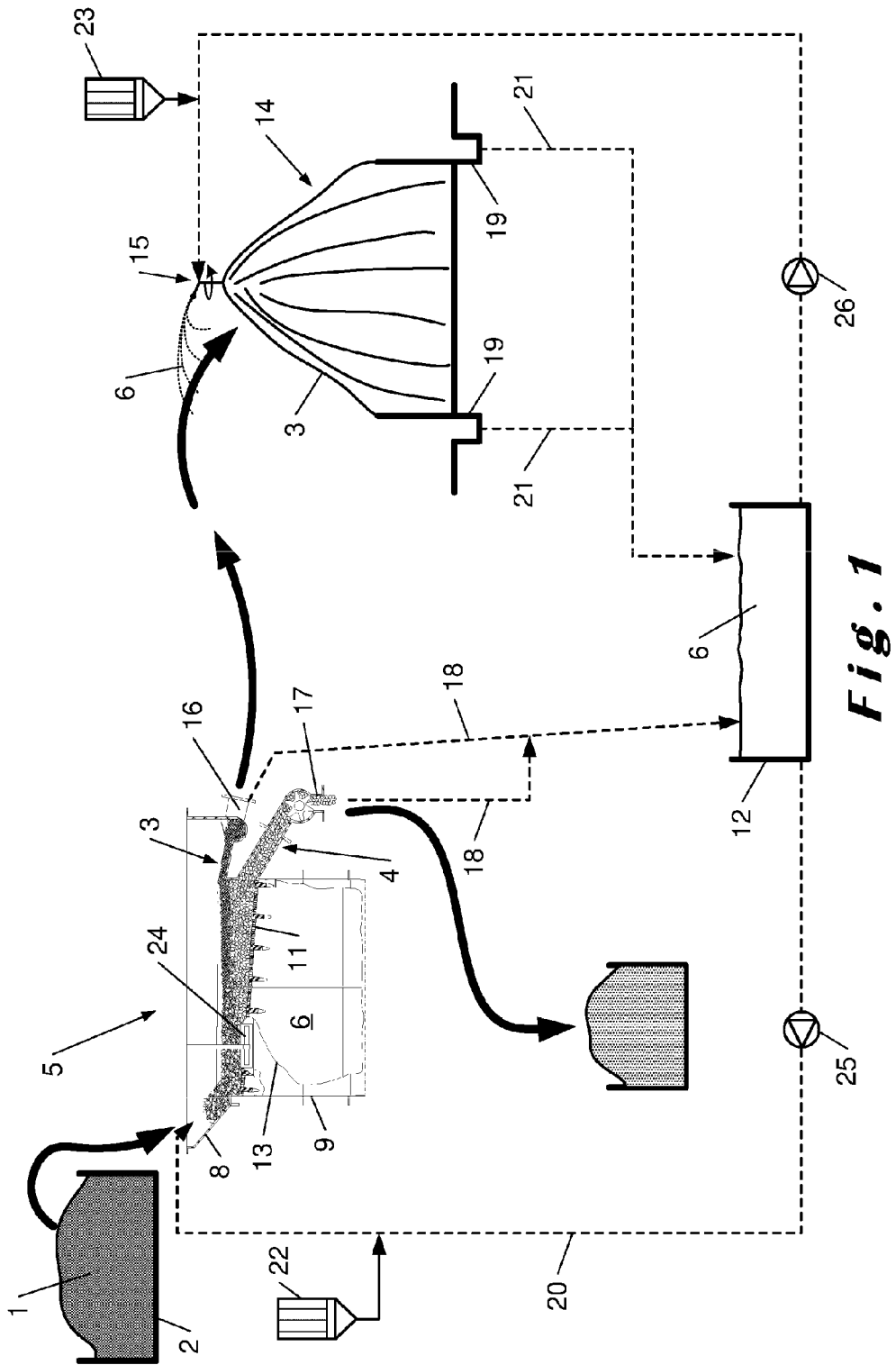
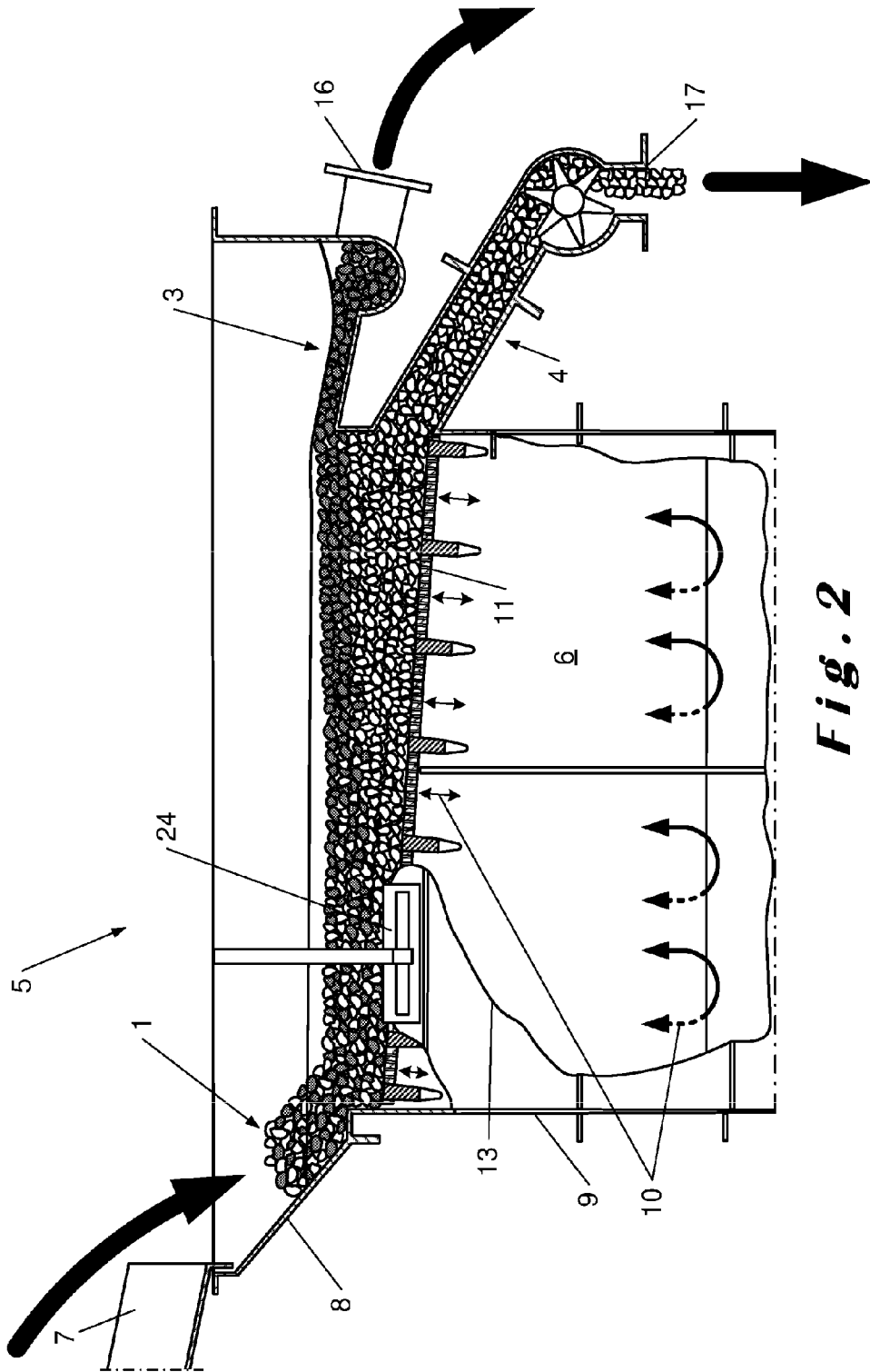


Fig. 1



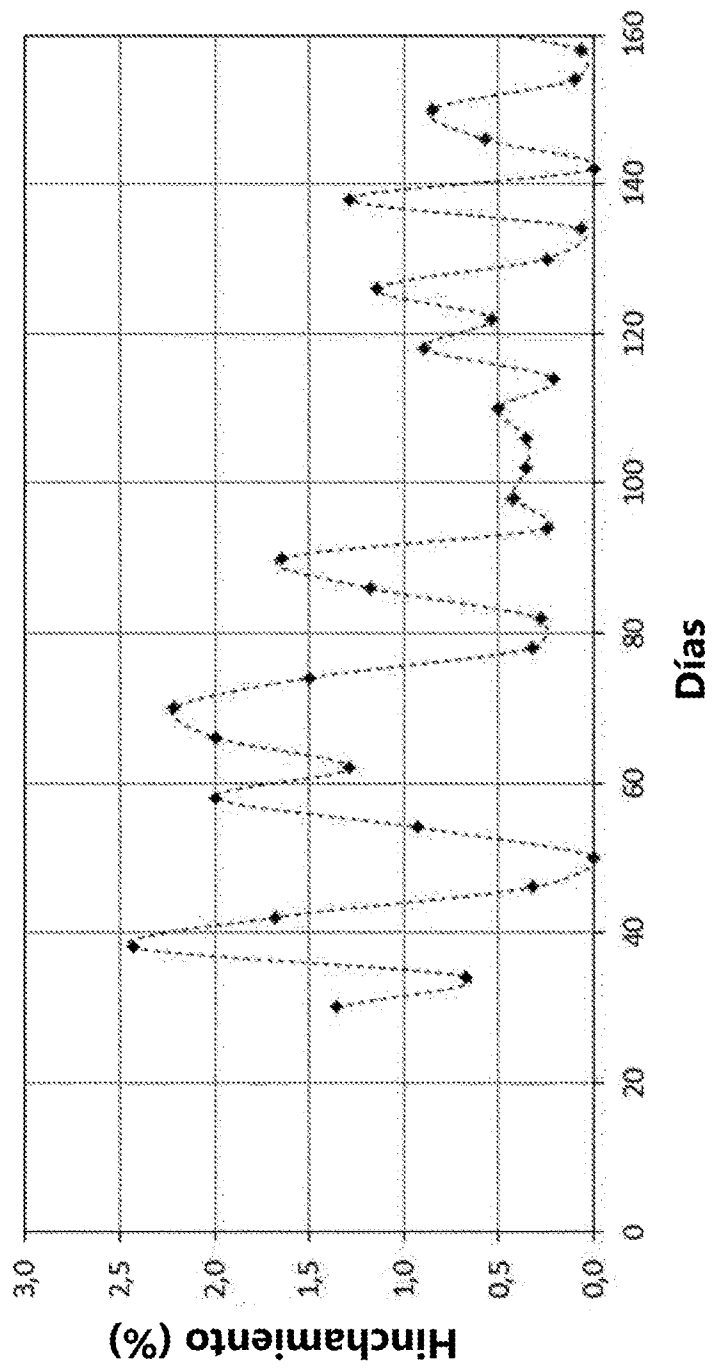


Fig. 3

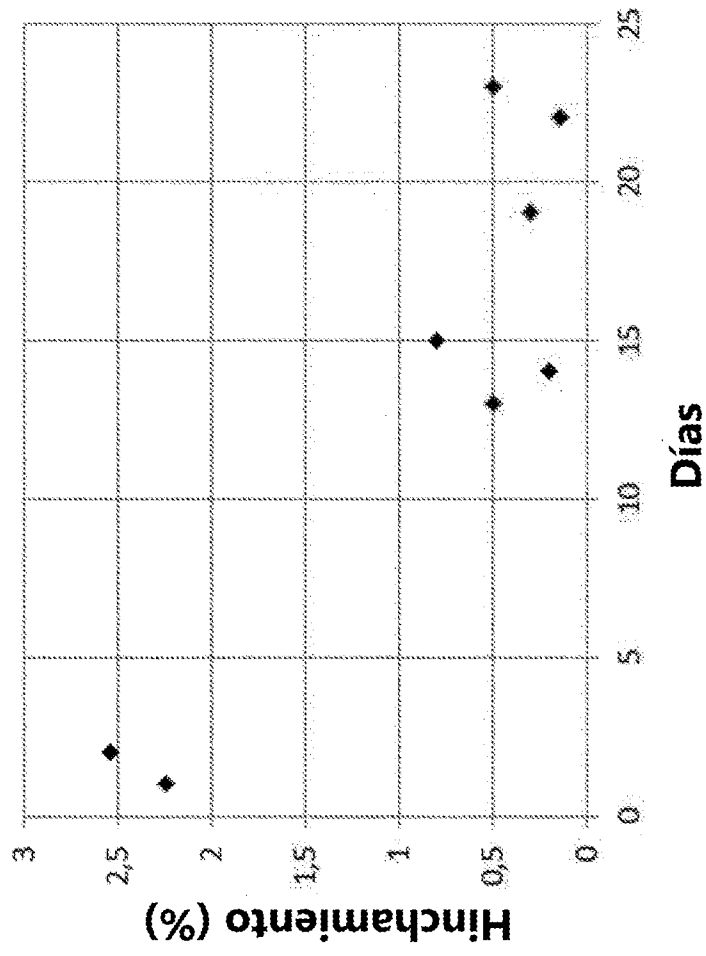


Fig. 4

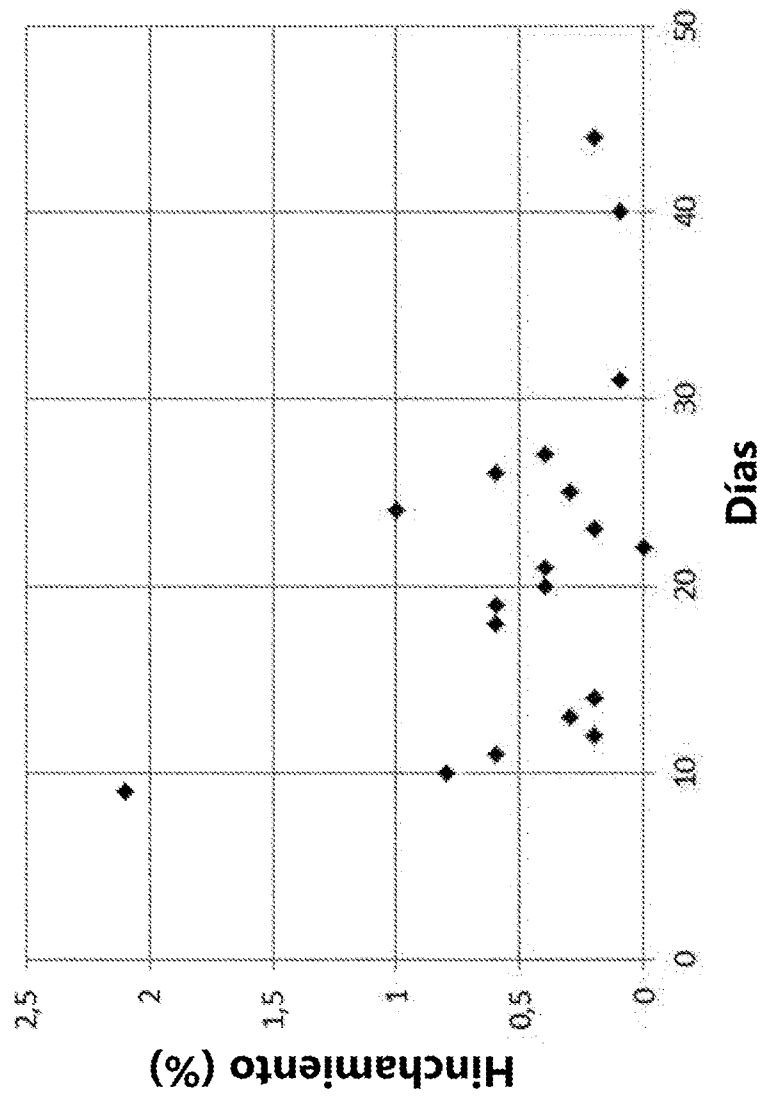


Fig. 5