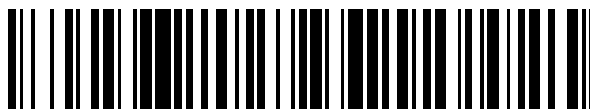


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 516**

51 Int. Cl.:

C04B 18/16 (2006.01)

C04B 20/02 (2006.01)

B09B 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.08.2013 PCT/EP2013/067704**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.03.2014 WO14040852**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2013 E 13758787 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2017 EP 2895436**

54 Título: **Procedimiento para la producción de árido así como de carbonato de calcio a partir de agregado de hormigón**

30 Prioridad:

14.09.2012 EP 12184415

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.11.2017

73 Titular/es:

**CEMEX RESEARCH GROUP AG (100.0%)
Römerstrasse 13
2555 Brügg bei Biel, CH**

72 Inventor/es:

ACHENBACH, GÜNTHER

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 641 516 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

Procedimiento para la producción de árido así como de carbonato de calcio a partir de agregado de hormigón

5 La invención se refiere a un procedimiento para la producción de árido así como de carbonato de calcio a partir de agregado de hormigón. El hormigón es una roca artificial que se compone de piedra de cemento y áridos. Los áridos están incrustados en una matriz de piedra de cemento o unidos a la piedra de cemento.

10 Los áridos (es decir, en particular "agregado" en el sentido de la norma DIN EN 12620:2011-03) en hormigón pueden ser en particular casquijo, gravilla, recebo y/o arena.

15 La piedra de cemento del hormigón se compone de cemento endurecido. Los componentes principales del cemento son, además de ladrillo recocido de cemento portland, en particular de uno o varios de los siguientes componentes adicionales: harina de escoria granulada de horno alto, puzolana, ceniza pulverizada o harina de piedra caliza. Para la formación de piedra de cemento a partir de cemento, esta se mezcla con agua, después de lo cual esta mezcla tras algo de tiempo se endurece y forma cemento endurecido, la denominada piedra de cemento. Para la producción de hormigón se mezclan entre sí cemento, áridos y agua, de modo que los áridos están integrados tras el endurecimiento del cemento en la piedra de cemento.

20 El hormigón puede usarse para los más diversos fines como material de construcción, por ejemplo en la construcción de ingeniería y de minería. Siempre y cuando ya no se necesite hormigón tras una duración de uso prevista, puede suministrarse el mismo a un uso reciclado. Por ejemplo, se sabe cómo triturar hormigón tras su uso primario como material de construcción y en esta forma cómo suministrarlo como agregado de hormigón reciclado a otro uso secundario. En un agregado reciclado no se trata, no obstante, por regla general, de una materia prima o de construcción de alta calidad, de modo que su uso como materia prima o de calidad está limitado regularmente. Por ejemplo, puede usarse agregado de hormigón reciclado en pequeñas partes como árido en hormigón o en la construcción de carreteras, por ejemplo como capa anticongelante o de rodadura. El documento KR100970431B muestra el tratamiento de hormigón viejo reciclado con dióxido de carbono en un agregado de mezcla. La presente invención se ha puesto como objetivo suministrar al hormigón tras su uso primario un uso secundario adicional

25

30 novedoso. En particular, la presente invención tiene por objetivo obtener a partir de hormigón nuevas materias primas de alta calidad tras su uso primario.

De manera sorprendente, se ha demostrado en el marco de la invención que es posible obtener a partir de hormigón nuevas materias primas de alta calidad, que pueden usarse como materiales de construcción o para la producción de materiales de construcción de alta calidad.

35

De acuerdo con la invención, para la solución del objetivo mencionado previamente se pone a disposición un procedimiento para la producción de árido así como de carbonato de calcio a partir de agregado de hormigón, en forma de hormigón reciclado y triturado, que comprende las siguientes características:

40

- introducir material a granel que comprende agregado de hormigón en un espacio de reacción;
- conducir un gas que comprende dióxido de carbono al interior del espacio de reacción;
- triturar el material a granel en el espacio de reacción;
- dejar reaccionar el agregado de hormigón y el gas que comprende dióxido de carbono entre sí hasta dar
- 45 productos de reacción en el espacio de reacción;
- retirar los productos de reacción del espacio de reacción.

La invención se basa en particular en el conocimiento de que el agregado de hormigón en caso de trituración continua y al mismo tiempo exposición a gas que comprende dióxido de carbono forma productos de reacción, que comprenden en particular también carbonato de calcio así como áridos.

50

Al dejar reaccionar el agregado de hormigón con el dióxido de carbono del gas que comprende dióxido de carbono se produce en particular también una carbonatación del agregado de hormigón, en la que se carbonatan proporciones carbonatables de la piedra de cemento del agregado de hormigón mediante el dióxido de carbono. En el caso de las proporciones carbonatables de la piedra de cemento se trata, en particular, de proporciones de óxido de calcio (CaO) de las fases CSH de la piedra de cemento. Mediante la trituración continua del agregado de hormigón durante la exposición del agregado de hormigón al gas que comprende dióxido de carbono, el agregado de hormigón forma constantemente nuevas superficies, las cuales pueden estar expuestas al dióxido de carbono. En este sentido, es posible que las proporciones carbonatables del agregado de hormigón se expongan completamente a dióxido de carbono, de modo que sea posible una carbonatación de gran alcance de las proporciones carbonatables del agregado de hormigón. Además, se determinó de acuerdo con la invención de manera sorprendente que la trituración del agregado de hormigón con una exposición simultánea a dióxido de carbono conduce a que los áridos del agregado de hormigón se suelten de manera muy sencilla de la matriz de piedra de cemento. Evidentemente, esto se debe a que la piedra de cemento carbonatada expuesta a dióxido de carbono es mucho más fácil de soltar a partir de los áridos del agregado de hormigón que la piedra de cemento no carbonatada.

55

60

65

Como resultado, los productos de reacción comprenden, con ello, en particular también proporciones esenciales de carbonato de calcio de áridos, pudiendo estar presentes ambas sustancias en gran parte unidas las unas a las otras o a otras sustancias. Los áridos del agregado de hormigón pueden estar presentes, con ello, en particular en gran parte sueltos en los productos de reacción.

5 Mediante el procedimiento de acuerdo con la invención pueden obtenerse, con ello, por un lado, áridos de alta calidad en forma de áridos esencialmente puros, que estuvieron unidos en el agregado de hormigón usado para el procedimiento. Los áridos obtenidos mediante el procedimiento de acuerdo con la invención pueden usarse, por ejemplo, a su vez, como áridos de alta calidad para la creación de hormigón.

10 En segundo lugar, se obtiene mediante el procedimiento de acuerdo con la invención carbonato de calcio, que se forma por la piedra de cemento del agregado de hormigón. El carbonato de calcio obtenido puede calcinarse, por ejemplo, hasta dar óxido de calcio y a continuación usarse como aglutinante.

15 De acuerdo con la invención se comprobó que el dióxido de carbono está unido extensamente y rápidamente al óxido de calcio del agregado de hormigón, siempre y cuando el agregado de hormigón y gas que comprende dióxido de carbono se hagan reaccionar entre sí en un intervalo de temperatura 60° a 95 °C, en particular en un intervalo de temperatura de 70° a 80 °C. El espacio de reacción de un dispositivo usado para la ejecución del procedimiento de acuerdo con la invención puede estar configurado, por tanto, en particular para temperaturas de menos de 60 °C o de al menos 70 °C.

20 En el caso del material a granel se trata de un material esencialmente en grano que puede verterse. De acuerdo con la invención se comprobó que ya proporciones bajas de determinadas sustancias en el material a granel, que no son agregado de hormigón, pueden impedir o incluso suprimir completamente la formación de áridos y carbonato de calcio a partir del agregado de hormigón mediante el procedimiento de acuerdo con la invención. Por esta razón, el material a granel comprende preferentemente sobre todo agregado de hormigón. De manera especialmente preferente, el material a granel comprende hasta al menos el 90 % en masa de agregado de hormigón, es decir, por ejemplo también hasta al menos el 95 % en masa, 98 % en masa o 99 % en masa, en cada caso referido a la masa total del material a granel. Según una forma de realización está previsto que el material a granel comprenda exclusivamente agregado de hormigón, es decir, que esté formada exclusivamente a partir de agregado de hormigón.

25 Por agregado de hormigón en el sentido de la presente invención se entiende en particular hormigón reciclado triturado, es decir, hormigón que tras su uso primario, por ejemplo en la construcción de ingeniería o de minería, se ha triturado para suministrarlo un uso adicional secundario. El agregado de hormigón está formado por los componentes típicos de un hormigón, es decir, áridos y piedra de cemento. A este respecto, la piedra de cemento forma una matriz, en la que están integradas los áridos. La piedra de cemento está formada por los componentes típicos de un cemento endurecido, es decir, esencialmente por fases de silicato cálcico hidratado (fases CSH) además de componentes adicionales, tales como por ejemplo, en particular, hidróxido de calcio y etringita.

30 El material a granel puede estar presente al introducirse en el espacio de reacción en un tamaño de grano en el intervalo de > 0 a 32 mm. De acuerdo con la invención se comprobó que el material a granel está presente en un intervalo de tamaño de grano correspondiente, por un lado, en un tamaño de grano suficientemente bajo como para conseguir una superficie lo más grande posible, de modo que el agregado de hormigón del material a granel reacciona fácilmente con el dióxido de carbono del gas que comprende dióxido de carbono y el cemento del agregado de hormigón puede carbonatarse mediante el dióxido de carbono. Además, el material a granel, en un tamaño de grano correspondiente, es no obstante suficiente grande como para estar presente en el reactor en forma de un material a granel más suelto, de modo que el espacio de reacción no se obstruye regularmente por el material a granel o el material a granel estaría apelmazado y, con ello, podría triturarse solo difícilmente. Preferentemente, el material a granel está presente en un tamaño de grano completamente o en la mayor parte en un tamaño de grano de más de 0,1 mm, 1 mm o más de 2 mm, por ejemplo en un tamaño de grano d_{90} mayor de 0,1 mm, 1 mm o 2 mm. La ventaja de una granulación correspondientemente gruesa, que está completamente o en gran parte libre de componentes de harina fina, reside también en que para la trituración del hormigón tiene que emplearse menos energía. Por ejemplo, el material a granel puede estar presente en un tamaño de grano en el intervalo de 2 a 22 mm, pudiendo estar presente el material a granel por ejemplo en grupos de grano estrechamente escalonados, por ejemplo en grupos de grano de 2 a 8 mm, de 8 a 16 mm y/o de 16 a 22 mm.

35 Puede estar previsto usar un agregado de hormigón con un volumen de espacio hueco específico. Por ejemplo, el agregado de hormigón puede presentar un volumen de espacio hueco en el intervalo del 10 al 40 % en volumen, es decir, por ejemplo también en el intervalo del 15 al 32 % en volumen. En un volumen de espacio hueco correspondiente, el agregado de hormigón puede carbonatarse de manera ventajosa.

40 De acuerdo con la invención se ha comprobado que la carbonatación de la piedra de cemento del agregado de hormigón del material a granel durante la reacción del agregado de hormigón con el dióxido de carbono termina de manera intensa cuando el agregado de hormigón, durante la reacción con el dióxido de carbono, está humedecido con agua y en particular en gran parte o completamente impregnado con agua. Por ejemplo, puede estar previsto

que el material a granel, en particular durante la trituración y/o la reacción, está impregnado con agua o impregnado con agua de tal modo que el agregado de hormigón está saturado con agua hasta al menos el 50 %, es decir, por ejemplo también hasta al menos el 60 %, el 70 %, el 80 % y de manera especialmente preferente hasta al menos el 90 %, el 95 % o el 99 % y por ejemplo también hasta prácticamente el 100 %, referido al agua necesaria para la saturación completa del agregado de hormigón con agua en agua. En una impregnación del agregado hasta al menos el 99 % o el 100 % con agua, el agregado de hormigón está saturado prácticamente hasta su límite de saturación con agua.

Para conseguir una impregnación alta de este tipo del agregado de hormigón con agua puede estar previsto que el material a granel en el reactor, en particular durante la trituración y/o la reacción en el reactor, se mueva por un baño de agua. Por ejemplo, puede estar previsto que el material a granel en el reactor, en particular también durante la trituración y/o la reacción con el dióxido de carbono, se mueva continuamente al interior del baño de agua y de nuevo al exterior del mismo. Con ello, se garantiza que el agregado de hormigón durante la reacción con el dióxido de carbono esté impregnado constantemente en el perímetro deseado.

Preferentemente, puede estar previsto que la reacción del agregado de hormigón con el dióxido de carbono del gas que comprende dióxido de carbono en el espacio de reacción tenga lugar a una temperatura elevada. Por ejemplo, puede estar previsto que al espacio de reacción se suministre energía térmica durante la reacción del agregado de hormigón con el dióxido de carbono. Según una forma de realización preferente está previsto que pueda hacerse reaccionar el agregado de hormigón con el dióxido de carbono a una temperatura de al menos 60 °C. De acuerdo con la invención se comprobó que la carbonatación de la piedra de cemento del agregado de hormigón se desarrolla de manera intensa y en particular también de manera más rápida siempre y cuando se haga reaccionar el agregado de hormigón con dióxido de carbono a una temperatura correspondientemente más alta. De acuerdo con la invención se comprobó que la carbonatación de la piedra de cemento del agregado de hormigón se ralentiza cuando las temperaturas durante la reacción se sitúan por encima de 90 °C. Dado el caso, esto se debe a que las proporciones de agua en la piedra de cemento del agregado de hormigón a temperaturas a partir de 90 °C se evaporan de manera intensa y la proporción de agua ventajosa para una carbonatación en la piedra de cemento, con ello, está presente en menor grado. De manera especialmente preferente, el agregado de hormigón puede hacerse reaccionar con el dióxido de carbono a temperaturas de al menos 65 °C o de al menos 70 °C. Además, puede estar previsto que se haga reaccionar el agregado de hormigón y el dióxido de carbono a temperaturas de como máximo 90 °C, 85 °C o 80 °C.

El posible suministro de energía térmica a la cámara de reacción para hacer reaccionar el agregado de hormigón con el dióxido de carbono a las temperaturas mencionadas anteriormente puede efectuarse, por ejemplo, a través de medios de calentamiento. Según una forma de realización especialmente preferente está previsto, no obstante, que al espacio de reacción se conduzca como gas que comprende dióxido de carbono un gas de combustión que comprende dióxido de carbono, en particular un gas de combustión caliente que comprende dióxido de carbono. El uso de un gas de combustión de este tipo como gas que comprende dióxido de carbono tiene varias ventajas considerables. Por un lado, puede usarse la energía térmica de un gas de combustión caliente para permitir que la carbonatación de la piedra de cemento del agregado de hormigón se desarrolle, como se describió anteriormente, de manera acelerada. Por esta razón, puede estar previsto suministrar gas de combustión en el espacio de reacción a un intervalo de temperatura tal que la reacción entre el agregado de hormigón y el dióxido de carbono del gas de combustión tenga lugar en el intervalo de las temperaturas mencionadas anteriormente. El uso de un gas de combustión caliente es extraordinariamente favorable desde un punto de vista energético, dado que pueden ahorrarse costes de energía adicionales para suministrar energía térmica al espacio de reacción. Además, el uso de gas de combustión como gas que comprende dióxido de carbono es, también desde puntos de vista medioambientales, extraordinariamente ventajoso, dado que el dióxido de carbono del gas de combustión está al menos parcialmente unido por la carbonatación de la piedra de cemento y el entorno no está cargado con esta proporción unida de dióxido de carbono.

Según una forma de realización puede estar previsto que el gas de combustión se conduzca en el espacio de reacción inmediatamente por el procedimiento de combustión o inmediatamente por el agregado en el que se origina el gas de combustión. En este sentido, puede crearse un sistema cerrado en el que el dióxido de carbono originado en el agregado durante el procedimiento de combustión pueda absorberse y unirse mediante el procedimiento de acuerdo con la invención mediante una carbonatación.

Como gases de combustión que comprenden dióxido de carbono pueden ser, por ejemplo, gases de combustión o gases de escape a partir de un agregado en forma de un horno rotativo tubular de cemento, de un horno de calcinación, de un horno de cal o de una central de combustibles fósiles, por ejemplo de una central eléctrica de gas, de petróleo o carboeléctrica. Según una forma de realización preferente está previsto que el procedimiento de acuerdo con la invención se lleve a cabo de manera continua. Por tanto, puede estar previsto que el material a granel se introduzca de manera continua en el espacio de reacción, se conduzca de manera continua gas que comprende dióxido de carbono al interior del espacio de reacción, se triture de manera continua el material a granel en el espacio de reacción y se haga reaccionar con el gas y se retiren los productos de reacción finalmente de manera continua del espacio de reacción. Mediante un procedimiento continuo de este tipo pueden producirse productos de reacción a partir del material a granel de manera muy rentable y uniforme.

Según una forma de realización especialmente preferente está previsto que el material a granel y el gas que comprende dióxido de carbono se conduzcan de manera opuesta por el espacio de reacción. El material a granel y el gas que comprende dióxido de carbono se conducen, por tanto, en direcciones de flujo opuestas por el espacio de reacción. Una etapa de procedimiento de este tipo tiene la ventaja de que el material a granel entra en contacto de

5 manera uniforme y continua con el dióxido de carbono del gas que comprende dióxido de carbono, de modo que el agregado de hormigón puede reaccionar uniformemente y completamente con el dióxido de carbono. Por ejemplo, puede estar previsto conducir el material a granel, por un lado, y el gas que comprende dióxido de carbono, por otro lado, en aberturas enfrentadas al espacio de reacción o retirarlo del mismo.

10 En el espacio de reacción se tritura el material a granel. En particular, puede estar previsto que el material a granel durante la reacción del agregado de hormigón con el dióxido de carbono del gas que comprende dióxido de carbono se triture en el espacio de reacción, en particular durante esta reacción se tritura de manera continua. Esto tiene, como se explicó anteriormente, en particular la ventaja de que mediante la trituración se crean continuamente nuevas superficies del agregado de hormigón, en las cuales la piedra de cemento del agregado de hormigón puede

15 reaccionar con el dióxido de carbono y en particular carbonatarse. Preferentemente, puede estar previsto que la trituración se lleve a cabo de manera abrasiva, dañándose o desgastándose el agregado de hormigón superficialmente. Para la trituración del material a granel o del agregado de hormigón del material a granel puede estar previsto, por ejemplo, que el material a granel se triture en un tambor que se rota o en un tubo que se rota.

20 Por ejemplo, el procedimiento de acuerdo con la invención puede llevarse a cabo en un horno rotativo tubular. De manera conocida, se trata en el caso de un horno rotativo tubular de un horno en forma de tambor o en forma de tubo, que puede rotar alrededor de su eje longitudinal. El eje longitudinal puede estar inclinado en particular de manera oblicua con respecto a la horizontal. Durante el tratamiento del material que va a tratarse en un horno rotativo tubular, el tubo de rotación se rota alrededor de su eje longitudinal y el material que va a tratarse en el

25 extremo situado más alto del tubo rotativo en el interior del tubo rotativo, se introduce en el espacio de horno. Mediante el movimiento de rotación y la posición inclinada del tubo de rotación se mueve el material que va a tratarse en el horno rotativo tubular desde el extremo superior del tubo de rotación hasta el extremo inferior del tubo de rotación, en el que puede retirarse del horno rotativo tubular. Al mismo tiempo se tritura el material que va a tratarse en el horno rotativo tubular mediante el movimiento de rotación o se daña en su superficie de manera continua. De acuerdo con la invención, puede estar previsto a partir de ahora que el espacio de reacción sea el espacio de horno de un horno rotativo tubular. Mediante la rotación del horno rotativo tubular se tritura de manera continua con ello el material a granel, mientras que se guía por el espacio de horno del horno rotativo tubular. Para intensificar la trituración del material a granel en el espacio de horno del horno rotativo tubular puede estar previsto que el espacio de horno presente resaltos, por ejemplo en forma de nervios, placas, almas o chapas. Durante la

35 rotación del horno rotativo tubular, estos resaltos contribuyen a una trituración intensificada del agregado de hormigón.

Una ventaja en la ejecución del procedimiento de acuerdo con la invención en un horno rotativo tubular radica en que el procedimiento puede llevarse a cabo de manera continua en un horno rotativo tubular. Otra ventaja consiste en que el material a granel y el gas que comprende dióxido de carbono en un horno rotativo tubular pueden guiarse de manera especialmente sencilla en direcciones de flujo opuestas por el espacio de reacción al espacio de horno. Así, el material a granel en el extremo superior puede introducirse en el espacio de horno del horno rotativo tubular y en el extremo más profundo retirarse del espacio de horno, mientras que el gas que comprende dióxido de carbono en el extremo más profundo se conduce al interior del espacio de horno y en el extremo más elevado se retira del

40 espacio de horno.

Otra ventaja esencial del uso de un horno rotativo tubular para la ejecución del procedimiento de acuerdo con la invención reside en que el material a granel en el espacio de horno del tubo rotativo puede guiarse de manera continua por el baño de agua. Por ejemplo, puede estar previsto llenar el espacio de horno del horno rotativo tubular parcialmente con agua, de modo que el material a granel durante la rotación del horno rotativo tubular se guía de manera continua hacia el interior de este baño de agua y de nuevo hacia fuera del mismo. El horno rotativo tubular está configurado, a este respecto, de tal modo que se impide un derrame del agua en el extremo inferior del tubo rotativo. Por ejemplo, el extremo inferior del tubo rotativo puede presentar una pantalla, es decir, una pared que señala radialmente hacia dentro, que está abierta por el medio. Esta pared o pantalla reprime un baño de agua configurado en el espacio interior de horno y libera en el medio una abertura para conducir los productos de reacción hacia fuera del espacio interior de horno.

50 configurado en el espacio interior de horno y libera en el medio una abertura para conducir los productos de reacción hacia fuera del espacio interior de horno.

Según una forma de realización alternativa, el procedimiento de acuerdo con la invención puede llevarse a cabo, por ejemplo, en un horno de foso. A este respecto, el material a granel que comprende el agregado de hormigón, de manera correspondiente a la piedra caliza que va a calcinarse, se introduce por el lado de cabezal en el horno de foso y los productos de reacción se retiran del horno de foso por el lado de pie. Además, puede conducirse gas que comprende dióxido de carbono de manera opuesta por el horno de foso, es decir, se introduce por el lado de pie al interior del horno de foso y se retira por el lado de cabezal del mismo. De acuerdo con la invención se ha comprobado que el procedimiento de acuerdo con la invención puede llevarse a cabo de manera especialmente ventajosa en el caso de un horno de foso cuando este presenta, por ejemplo, una relación de altura-diámetro en el intervalo de 2 a 3. Además, el espacio de reacción configurado en el interior del horno de foso puede estar

60 configurado en el espacio interior de horno y libera en el medio una abertura para conducir los productos de reacción hacia fuera del espacio interior de horno.

configurado por el lado de pie cónicamente de manera que se amplía hacia fuera. En este sentido puede impedirse una colocación del horno de foso por el material a granel. El procedimiento de acuerdo con la invención puede llevarse a cabo en un dispositivo en forma de un horno rotatorio tubular que puede rotar alrededor de su eje de horno situado de manera oblicua con respecto a la horizontal, que presenta en su extremo superior una abertura de entrada para la entrada del material a granel en el espacio de horno configurado como espacio de reacción y en su extremo inferior una abertura de salida para extraer los productos de reacción del espacio de horno, estando confeccionado el espacio de horno de tal modo que en el mismo puede configurarse un baño de agua por el que el material a granel, en particular durante la trituración de este material a granel y/o la reacción del agregado de hormigón con el dióxido de carbono del gas que comprende dióxido de carbono, puede guiarse.

Por lo demás, el horno rotativo tubular puede estar configurado de tal modo que mediante el mismo puede llevarse a cabo el procedimiento de acuerdo con la invención descrito en el presente documento. Otras características de la invención se desprenden de las reivindicaciones dependientes, de la figura adjunta así como de la correspondiente descripción de figuras.

Todas las características de la invención pueden estar combinadas entre sí de manera discrecional individualmente o en combinación.

Un ejemplo de realización de un procedimiento de acuerdo con la invención debe explicarse en más detalle mediante la siguiente descripción de figura.

En el ejemplo de realización muestra, de manera muy esquematizada,

la Figura 1 una vista en corte lateral a través de un horno rotativo tubular que puede usarse de acuerdo con la invención.

El horno rotativo tubular caracterizado en su conjunto con la referencia 1 comprende un tubo rotativo 3 que puede rotar. El tubo rotativo 3 está construido esencialmente como un tubo rotativo de un horno rotativo tubular de cemento conocido y presenta, con ello, esencialmente en conjunto la forma de un tubo cilíndrico. El tubo rotativo 3 puede rotar alrededor de su eje longitudinal de horno 5 situado de manera oblicua con respecto a la horizontal.

El espacio de horno 7 del tubo rotativo 3 está configurado como espacio de reacción para el alojamiento de material a granel 9 que comprende agregado de hormigón. En su extremo superior del lado de entrada, el tubo rotativo 3 presenta una abertura de entrada 11 y en su extremo enfrentado más profundo una abertura de salida 13. Por la abertura de entrada 11 puede introducirse material a granel 9 que comprende agregado de hormigón en el espacio de horno 7. En el ejemplo de realización se introduce el material a granel 9 por medio de un transportador de cinta 13 en la abertura de entrada 11. Por la abertura de salida 13 pueden retirarse productos de reacción 23 formados en el espacio de reacción 7 del espacio de horno 7.

En el ejemplo de realización, el material a granel 9 se compone en prácticamente hasta el 100 % en masa de agregado de hormigón en una granulación de 2 a 22 mm.

El tubo rotativo 3 presenta en su extremo inferior una pantalla 15, que se extiende de manera anular desde el tubo rotativo 3 radialmente hacia dentro, estando liberada en el medio la abertura de salida 13. El tubo rotativo 3 está llenado parcialmente con agua. Un derrame del agua en el extremo inferior del tubo rotativo 3 se impide por la pantalla 15.

Por debajo de la abertura de salida 13 está dispuesta con inclinación una rejilla 17. En el extremo inferior de la rejilla 17 se conecta un transportador de cinta 19 a la rejilla 17. La rejilla 17 y el transportador de cinta 19 están configurados de tal modo que los productos de reacción 23, que pueden retirarse o caen de la abertura de salida 13, deslizan sobre la rejilla 17 hacia el transportador de cinta 19 y a continuación pueden transportarse de salida desde el transportador de cinta 19.

En la abertura de salida 13 desemboca un tubo 21, por el que puede conducirse el gas de combustión que comprende el dióxido de carbono al interior del espacio de horno 7. El tubo 21 está unido directamente de manera fluidodinámica con una extracción de gas de combustión (no representada) para la extracción de gas de combustión, que comprende dióxido de carbono, de un agregado.

Un procedimiento de acuerdo con la invención puede llevarse a cabo por el horno rotativo tubular 1 de acuerdo con la Figura 1 como sigue.

En primer lugar se introduce el material a granel 9 a través del transportador de cinta 13 por la abertura de entrada 11 en el espacio de horno 7 del tubo rotativo 3. Debido a la inclinación y rotación del tubo rotativo 3 alrededor de su eje longitudinal 5, se mueve el material a granel 9 aguas abajo desde la zona de la abertura de entrada 11 en dirección de la abertura de salida 13. Durante esta conducción del material a granel 9 a través del espacio de horno 7 se conduce de manera continua gas de combustión que comprende dióxido de carbono por el tubo 21 al interior

- del espacio de horno 7. En este sentido, el agregado de hormigón del material a granel 9 entra en contacto con el dióxido de carbono del gas de combustión conducido. Los gases de combustión que comprenden dióxido de carbono se conducen al espacio interior de horno 7 con una temperatura de aproximadamente 75 °C, de modo que el agregado de hormigón del material a granel 9 en el espacio interior de horno 7 a esta temperatura se hace
- 5 reaccionar con el dióxido de carbono. El gas de combustión que comprende dióxido de carbono, como se explicó anteriormente, se conduce en la zona de la abertura de salida 13 al interior del espacio de horno 7, a continuación se conduce a través del espacio de horno 7 y finalmente, por la abertura de entrada 11, se extrae de nuevo del mismo. El gas extraído puede absorberse y a continuación tratarse de nuevo.
- 10 Al hacer reaccionar el agregado de hormigón 9 con el dióxido de carbono de los gases de combustión, el dióxido de carbono de los gases de combustión reacciona con la piedra de cemento del agregado de hormigón 9, carbonatándose en particular óxido de calcio de las fases CSH de la piedra de cemento hasta dar carbonato de calcio. Esta reacción se favorece considerablemente en el ejemplo de realización por tres factores: En primer lugar, mediante la temperatura de 75 °C, a la que tiene lugar la reacción. En segundo lugar, mediante la rotación del tubo
- 15 rotativo 3, mediante el que se tritura de manera continua el agregado de hormigón del material a granel 9 y que forma así siempre otra vez nuevas superficies, las cuales pueden reaccionar con el dióxido de carbono. En tercer lugar, la reacción se favorece de tal modo que el material a granel 9 durante la reacción se guía continuamente por el baño de agua, de modo que el agregado de hormigón está impregnado aproximadamente en hasta el 100 % con agua.
- 20 Finalmente, el agregado de hormigón del material a granel 9 reacciona con el dióxido de carbono de los gases de combustión hasta dar productos de reacción 23. Estos productos de reacción comprenden esencialmente carbonato de calcio y áridos sueltos.
- 25 Mediante la alimentación continua del espacio interior de horno 7 con otro material a granel 9 y la rotación del tubo rotativo 3, estos productos de reacción 23 caen continuamente a través de la abertura de salida 13 sobre la rejilla 17 dispuesta por debajo y siguen deslizando sobre la misma hacia el transportador de cinta 19, el cual los transporta de salida, después de lo cual pueden procesarse adicionalmente los productos de reacción 23.
- 30 El material a granel 9, por un lado, y el gas de combustión que comprende dióxido de carbono, por otro lado, como se deduce de la descripción de figura, se conducen con marcha opuesta por el espacio de horno 7.
- Para examinar hasta qué punto repercute el movimiento del material a granel 9 durante la trituración y la reacción por el baño de agua en la reacción del agregado de hormigón con dióxido de carbono, se llevaron a cabo ensayos, cuyos resultados se reproducen en la Tabla 1. En total, se llevaron a cabo los ensayos en las doce muestras indicadas en la Tabla 1.
- 35 En concreto, en los ensayos se introdujo agregado de hormigón de diferente granulación y con cementos diferentes en un espacio de reacción en forma de horno rotativo tubular de cemento y se expuso en corriente contraria a dióxido de carbono. Mediante la rotación del horno rotativo tubular de cemento se trituró el agregado de hormigón. Al mismo tiempo, en las muestras 7-12 estaba configurado un baño de agua en el horno rotativo tubular de cemento, mediante el que se movió el agregado de hormigón durante la trituración y la exposición a dióxido de carbono. A continuación se extrajeron los productos de reacción del horno rotativo tubular de cemento. Por otra parte, no se configuró ningún baño de agua en el horno rotatorio tubular en las muestras 1 a 6 durante la trituración y la reacción.
- 40
- 45 En las columnas de la tabla 1 se proporciona la siguiente información:
- En la columna denominada con "granulación" se indica la granulación de las correspondientes muestras o agregado de hormigón en la introducción en el horno rotativo tubular de cemento en mm.
- 50 La columna sobrescrita con "cemento" indica el cemento usado para elaborar el hormigón a partir del que está formado el agregado de hormigón.
- En la columna sobrescrita con "densidad aparente de la muestra" se indica la densidad aparente de la respectiva muestra en kg/dm^3 .
- 55 La columna denominada con "absorción de agua de la muestra" indica la absorción de agua máxima posible de las respectivas muestras de (en % en masa de agua referido al 100 % en masa de la respectiva muestra sin agua absorbida).
- 60 En la columna sobrescrita con "absorción de CO_2 " se indica la masa de dióxido de carbono que ha absorbido la respectiva muestra durante la ejecución del procedimiento (en % en masa de dióxido de carbono referido al 100 % en masa de la respectiva muestra sin dióxido de carbono absorbido).
- 65 En la columna sobrescrita con "proporción de CaO reaccionada" se indica la masa de CaO de la respectiva muestra que ha reaccionado durante la ejecución del procedimiento con dióxido de carbono (en % en masa de CaO referido

al 100 % en masa de la respectiva muestra incluida la proporción de CaO).

5 En la columna sobrescrita con "proporción de CaO" se indica la proporción de CaO que ha reaccionado durante el procedimiento con el dióxido de carbono (en % en masa de CaO referido a la masa total de CaO de la respectiva muestra).

En la columna sobrescrita con "densidad aparente del producto de reacción" se indica (en kg/dm^3) la densidad aparente de los productos de reacción obtenidos en cada caso tras la ejecución del procedimiento.

10 En la columna sobrescrita con "absorción de agua del producto de reacción" se indica la densidad de los productos de reacción obtenidos a partir de las respectivas muestras tras la ejecución del procedimiento (en % en masa de agua referido al 100 % en masa de los respectivos productos de reacción).

15 La Tabla 1 puede reconocerse claramente de modo que el movimiento de los productos de reacción por el baño de agua durante la trituración del agregado de hormigón y su reacción con dióxido de carbono conduce a que una proporción considerablemente más alta de CaO del agregado de hormigón reacciona con dióxido de carbono. Así reaccionan por ejemplo en la muestra 10 hasta el 56,6 % de la proporción de CaO del agregado de hormigón con dióxido de carbono. Por el contrario, en los ensayos de acuerdo con las muestras 1 a 6 reacciona como máximo el 39,1 % de la proporción de CaO del agregado de hormigón con dióxido de carbono.

20 De promedio, en los ensayos de acuerdo con las muestras 7 a 12 reaccionó una proporción de 43,7 % del CaO de las muestras con dióxido de carbono, mientras que en los ensayos con las muestras 1 a 6 esto fue solo aproximadamente el 21,9 %.

25 Esta ejecución de ensayos muestra que el movimiento del agregado de hormigón por un baño de agua durante la trituración y reacción del agregado de hormigón con el dióxido de carbono conduce a que reaccione una proporción considerablemente más alta de CaO del agregado de hormigón con dióxido de carbono en comparación con los ensayos en los que las muestras no se movieron por un baño de agua.

Tabla 1

Número de muestra	Granulación (mm)	Cemento	Densidad aparente de la muestra (kg/dm ³)	Absorción de agua de la muestra (%)	Absorción de CO ₂ (%)	Proporción de CaO reaccionada de la muestra (%)	Proporción de CaO (%)	Densidad aparente del producto de reacción (kg/dm ³)	Absorción de agua del producto de reacción (%)
1	> 0-4	CEM I 52,5	2,3	n.d.	4,0	5,1	39,1	n.d.	n.d.
2	> 4-8	CEM I 52,5	2,3	8,9	1,8	2,2	17,2	n.d.	n.d.
3	> 8-16	CEM I 52,5	2,3	8,1	1,5	1,9	14,6	2,4	2,5
4	> 0-4	CEM III/A 52,5	2,4	n.d.	3,2	4,1	31,5	n.d.	n.d.
5	> 4-8	CEM III/A 52,5	2,3	8,0	1,5	1,9	14,6	n.d.	n.d.
6	> 8-16	CEM III/A 52,5	2,2	7,9	1,5	1,9	14,5	2,6	2,9
7	> 0-4	CEM I 52,5	2,3	n.d.	5,5	7,0	53,9	n.d.	n.d.
8	> 4-8	CEM I 52,5	2,3	8,9	3,1	3,9	30,2	2,5	3,2
9	> 8-16	CEM I 52,5	2,3	8,1	3,8	4,9	37,5	2,5	3,2
10	> 0-4	CEM III/A 52,5	2,4	n.d.	5,8	7,4	56,6	n.d.	n.d.
11	> 4-8	CEM III/A 52,5	2,3	8,0	3,1	3,9	30,3	2,4	2,9
12	> 8-16	CEM III/A 52,5	2,2	7,9	5,5	7,0	53,7	2,4	2,9

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la producción de áridos así como de carbonato de calcio a partir de agregado de hormigón en forma de hormigón reciclado y triturado, que comprende las siguientes características:
- 5 1.1 introducir material a granel (9) que comprende agregado de hormigón en un espacio de reacción (7);
1.2 conducir un gas que comprende dióxido de carbono hacia el espacio de reacción (7);
1.3 triturar el material a granel (9) en el espacio de reacción (7);
1.4 dejar reaccionar entre sí el agregado de hormigón y el gas que comprende dióxido de carbono hasta dar
10 productos de reacción (23) en el espacio de reacción (7);
1.5 mover el material a granel (9) por un baño de agua durante la trituración y la reacción;
1.6 retirar los productos de reacción (23) del espacio de reacción (7).
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el material a granel (9) y el gas que comprende dióxido de carbono se conducen en direcciones de flujo opuestas por el espacio de reacción (7).
3. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la reacción del agregado de hormigón del material a granel (9) y el gas que comprende dióxido de carbono hasta dar productos de reacción se efectúa a una temperatura en un intervalo de temperatura de 60 hasta menos de 90 °C.
- 20 4. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que al espacio de reacción (7) se conduce un gas de combustión que comprende dióxido de carbono.
5. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que el material a granel (9) durante la trituración y la reacción se impregna con agua de tal modo que el agregado de hormigón está saturado con agua hasta al menos el 90 %, referido a la masa de agua necesaria para la saturación completa del agregado de hormigón con agua.
- 25 6. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que el material a granel (9) comprende hasta al menos el 90 % en masa de agregado de hormigón, referido a la masa del material a granel (9).
- 30 7. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que el agregado de hormigón está formado por piedra de cemento y árido.
- 35 8. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que el carbonato de calcio retirado del espacio de reacción (7) se calcina hasta dar óxido de calcio.

