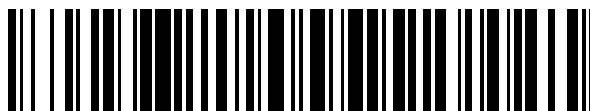


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 840**

51 Int. Cl.:

C21B 3/06 (2006.01)

C22B 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2012** **E 12007477 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.07.2018** **EP 2589671**

54 Título: **Método y dispositivo para la incorporación y el uso de dióxido de carbono nocivo para el medio ambiente**

30 Prioridad:

04.11.2011 DE 102011117599

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

11.10.2018

73 Titular/es:

WERFEL, FRANK (50.0%)
Heilemannstr. 12
04277 Leipzig, DE y
BEYER, WOLFGANG (50.0%)

72 Inventor/es:

WERFEL, FRANK y
BEYER, WOLFGANG

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 685 840 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 y dispositivo para la incorporación y el uso de dióxido de carbono nocivo para el medio ambiente

[0001] La invención se refiere a un método para la incorporación y el aprovechamiento de dióxido de carbono nocivo para el medio ambiente, en particular a través de compuestos reactivos con componentes de desecho provenientes de procesos técnicos, para la producción de piedra caliza y magnesita. Además, dicho método sirve también para aprovechar la energía térmica de desechos de escoria de la industria metalúrgica, de la industria del acero y de la industria de la fundición, para aumentar las velocidades de reacción dentro de los procesos de producción y durante la incorporación del dióxido de carbono. En el caso de la combustión convencional de recursos fósiles como carbón, petróleo y gas, grandes cantidades de CO₂ llegan de manera conocida a la atmósfera con los gases residuales de la combustión. Allí, el CO₂ actúa como gas de efecto invernadero y es la causa antropogénica principal del calentamiento global. Actualmente es indiscutible que la concentración aumentada de CO₂ en la atmósfera terrestre acelera el calentamiento de la superficie terrestre y, con ello, acelera el efecto invernadero. Por ese motivo, es necesario reducir las emisiones globales de CO₂, aún en este siglo, de forma sustancial y sostenible. Con el fin de la reducción del CO₂, en el caso de la generación primaria de energía, o bien del aprovechamiento de potenciales de ahorro en el consumo de energía, junto con el aprendizaje y la aplicación de acciones conscientes en lo que respecta a la energía, es de utilidad la ampliación de fuentes de energía regenerativas, como el viento, el sol, la energía geotérmica, el aislamiento térmico efectivo y medios de acumulación, así como el desarrollo de procesos de producción que ahorren energía y materiales respetuosos con el medio ambiente. En un segundo paso, sin embargo paralelo, es necesario igualmente mantener alejado de la atmósfera el CO₂ que se produce de modo inevitable, a través de separación, tratamiento, compresión, almacenamiento o fijación química. Para ello ya se investigan actualmente una serie de tecnologías. Entre las mismas se encuentran la separación y el almacenamiento subterráneo de CO₂ (carbon capture and storage - CCS), parcialmente asociado también con la gasificación del carbón integrada (Integrated Gasification Combined Cycle - IGCC). Por CCS se entiende una tecnología para separar y almacenar dióxido de carbono (CO₂). Con esta tecnología, la separación del CO₂ de los gases residuales de instalaciones industriales (por ejemplo, de instalaciones de biogás, centrales eléctricas, plantas para la producción de cemento, acerías, etc.), y el almacenamiento posterior, deben tener lugar en formaciones de rocas geológicas. Según el concepto de la tecnología CCS, el CO₂ se separa ya en el proceso de la central eléctrica. Para ello se utilizan esencialmente dos métodos. A saber, el proceso de oxidación conocido y el método de postcombustión. Después de esto, el CO₂ separado se licúa y, mediante gasoductos, trenes y buques, se transporta a zonas subterráneas de almacenamiento definitivo. Actualmente se investigan dos posibilidades esenciales para el almacenamiento definitivo seguro del gas de efecto invernadero. Por una parte, el almacenamiento en "acuíferos salinos", es decir, capas de arenisca que acarrean agua salada y, por otra parte, el almacenamiento en antiguos campos de gas natural.

[0002] El método CCS para almacenar CO₂ en zonas subterráneas, promovido por distintos países y también por la República Federal de Alemania, e investigado con una enorme complejidad, presenta sin embargo dos desventajas decisivas:

1) Los efectos geológicos de acumuladores tan grandes y generados artificialmente, en particular durante un período prolongado, no se han investigado de modo suficiente ni pueden aún evaluarse de forma segura en cuanto al comportamiento a largo plazo.

2) En el método CCS, el CO₂ se mantiene en principio como gas nocivo para el medio ambiente, no se fija de forma permanente y segura, y en casos extremos de fallas en la corteza terrestre, puede liberarse nuevamente en enormes cantidades.

[0003] Tampoco resultan rentables las desventajas logísticas que se producen en forma de trayectos de transporte largos y costes de transporte elevados.

[0004] En el caso del método IGCC, la gasificación de carbón se combina con una separación de CO₂ y el flujo se genera en turbinas de vapor y de gas conectadas aguas abajo. Con este fin, el carbón no se quema en centrales térmicas convencionales, sino que se transforma primero en un gas crudo inflamable, en un gasificador, a temperaturas elevadas y bajo una presión de aproximadamente 35 bar. El gas que se compone de los constituyentes principales monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H₂) se purifica y el monóxido de carbono, en la conversión de CO, con la ayuda de vapor de agua, se transforma en CO₂ y además en H₂. Después de la

desulfuración, el CO₂ se separa, se comprime y es conducido para el almacenamiento. El hidrógeno restante se quema en una turbina de gas, la cual acciona un generador para generar corriente. Los gases residuales calientes que se producen, compuestos esencialmente por nitrógeno del aire y vapor de agua puro, se utilizan para generar vapor. El vapor acciona una turbina de vapor y un segundo generador para generar corriente. Debido a que la electricidad se obtiene en una combinación especialmente efectiva de turbina de gas y de vapor, en el caso de este principio de central eléctrica se habla de una "central eléctrica combinada".

[0005] Además, para la solución de ese problema global han sido sugeridas una pluralidad de soluciones técnicas. De este modo, se divulga según DE 10 2006 002 290 A1 un método para incorporar, aprovechar y consumir dióxido de carbono en hidratos, como por ejemplo hidrato de cal y/o de magnesio. Según esta solución, con el fin de intensificar la incorporación de dióxido de carbono en la cantidad de hidrato producida como "desecho", el gas de combustión que se produce durante la quema de combustibles fósiles en centrales eléctricas se extrae antes o después de la etapa de filtrado en la chimenea, se succiona y se comprime mediante una instalación de compresor. A continuación, el gas de combustión comprimido se coloca en depósitos de almacenamiento y se aprovecha para el tratamiento de cenizas volantes. El aprovechamiento del gas de combustión comprimido tiene lugar a través su suministro mediante tuberías a un equipo auxiliar de mezclado, en donde las cenizas volantes se mezclan con óxido de calcio libre con agua y/o suspensiones. Mediante movimientos de mezclado o bien turbulencias, la mezcla se arremolina de forma enérgica. Con esta medida debe crearse una gran superficie reactiva del hidrato. Gracias a ello, el gas de combustión que contiene CO₂ se incorpora durante el proceso de mezclado y se provoca el desarrollo de la reacción química de las moléculas de CO₂ con las moléculas del hidrato. Sin embargo, en este método se considera desventajosa la elevada complejidad técnica para el nuevo tratamiento de la mezcla de cenizas volantes y aditivos húmedos/acuosos antes de volcarlos en las superficies a cielo abierto/vertederos mediante agua o una suspensión. Igualmente desventajoso se considera el grado de efectividad reducido al incorporar el gas de combustión que contiene CO₂ en la recarbonización.

[0006] Se ha divulgado además según DE 2007 027 388 A1 un método para separar dióxido de carbono desde un gas de combustión con la ayuda de membranas. El método descrito y el dispositivo que se utiliza para realizar el método se prevén para la reducción de emisiones de CO₂ desde los gases residuales de instalaciones de combustión. Para ello, en ese método, a través de intercambiadores de calor conectados aguas arriba o un quemador se evitan la condensación de vapor de agua y el bloqueo de los poros de la membrana. Con las medidas sugeridas deben optimizarse los parámetros del entorno del gas de combustión para la separación del CO₂ (método de descarbonización) utilizando una membrana. La inversión de energía térmica para el recalentamiento se reduce de ese modo. Sin embargo, en ese método se considera desventajosa la elevada complejidad para la incorporación relativamente reducida en cuanto a la cantidad de CO₂ y la falta de una incorporación técnica en cuanto al material en materiales utilizables.

[0007] Con el método según DE 10 2005 037 771 A1 se sugiere una reducción de emisiones de CO₂ en el área de los materiales de construcción a través de la reacción de CO₂ con CaO y SiO₂ para formar cemento belita. El método tiene lugar en dos etapas. En la primera etapa, mediante núcleos de cristalización introducidos, a una temperatura de 100 - 300 °C, se produce el producto intermedio α - silicato dicálcico hidratado α - **CaO₂SiO₂H₂O**. En el siguiente paso, a 500 - 900 °C, se produce el producto de reacción y después de la refrigeración se separa el cemento belita. También en el caso de la aplicación de ese método, en relación con la complejidad, se alcanza solo una incorporación reducida, conforme a la cantidad, de dióxido de carbono. Además, la aplicación del método se refiere solamente a la reducción de las emisiones en el área de los materiales de construcción y a la producción de cemento belita asociada a ello.

[0008] Se conoce además de JP2007314854, así como de JP58110423, una reacción entre CO₂ y una escoria. Tomando como base el estado de la técnica anteriormente descrito, el objeto de la invención consiste en crear un método para la fijación duradera y la transformación del dióxido de carbono, aprovechable en cuanto a la tecnología de materiales, el cual en el caso de una necesidad de energía más reducida en cuanto al aspecto temporal, así como de complejidades logísticas más reducidas, reduzca esencialmente la entrada de dióxido de carbono en la atmósfera. Dicho objeto se soluciona a través del método creado con las características descriptivas según la reivindicación 1. Se describen perfeccionamientos ventajosos del método con las características distintivas de las reivindicaciones 2 a 4. El método según la invención se utiliza para reducir CO₂ a través de fijación química y de reacciones térmicas. Este aprovecha los productos de reacción y las escorias de altos hornos, inmediatamente después del proceso de sangrado y fija el dióxido de carbono CO₂ nocivo para el medio ambiente, tal como se produce por ejemplo en centrales eléctricas con recursos fósiles e instalaciones de combustión, químicamente y, con

ello, de forma duradera. El CO₂ que llega a la atmósfera se reduce esencialmente a través de la reacción química de CO₂ con la escoria de altos hornos, y se utiliza así para proteger el clima, así como también para promover innovaciones técnicas en cuanto a la energía. A través de los materiales que se producen durante la aplicación del método, como por ejemplo carbonato de calcio (piedra caliza) y carbonato de magnesio (magnesita) se produce además un gran aprovechamiento para importantes áreas económicas cercanas, como por ejemplo, toda el área de la construcción. En los procesos de reacción que se toman como base para el método se utilizan los productos de sectores de la industria estrechamente relacionados unos con otros. De este modo, en el caso de una combinación preferente, por una parte las escorias de desecho que se originan durante la producción de hierro y acero y, por otra parte, las cantidades de dióxido de carbono nocivas para el clima, las cuales se emiten en particular durante la combustión de recursos fósiles en las centrales eléctricas de hulla y de lignito para generar energía eléctrica, se hacen reaccionar reactivamente unas con otras. Cantidades significativas de CO₂ se producen del mismo modo durante la combustión de madera o combustión mixta de carbón y madera en el sector industrial, pero también en el sector privado. A continuación, la invención se explicará con más detalle mediante un ejemplo de realización. En el dibujo, las representaciones muestran

Figura 1: la asociación esquemática de una central de carbón con respecto a un alto horno, y

Figura 2: el desarrollo esquemático del método al agrupar componentes de la escoria de desecho proveniente de altos hornos, con el CO₂ generado proveniente de centrales de carbón.

[0009] La representación en la Figura 1 reproduce la asociación básica de una central de carbón 1 establecida en la proximidad directa de una acería, cuya emisión de CO₂, durante la generación de energía, se suministra al área de descarga de escoria de un alto horno 2. Aprovechando la energía térmica de las escorias, que se ya se encuentra presente, el dióxido de carbono se incorpora sin otro suministro de energía y, entre otras cosas, se obtiene piedra caliza y magnesita.

[0010] El tipo y la cantidad de las escorias que se presentan están marcados por los métodos de la producción de hierro y de acero. De este modo, para la producción de acero se aplican diferentes tecnologías, entre las cuales es común la licuefacción del hierro a través de oxígeno soplado. A través de la adición de cal o compuestos de cal quemados se queman los elementos traza no deseados, como azufre, fósforo carbono, y pasan al gas de combustión o la escoria. En el caso de la producción de hierro y de acero se producen cantidades de hasta 50 % de los metales de hierro fundidos en desechos, ante todo escorias. Las escorias de altos hornos, como también las escorias de acerías, se extraen de forma líquida desde el baño de metal y se procesan principalmente para formar aditivos y materiales para construcción. La composición del material de las escorias se determina a través del mineral de hierro que se funde y de los aditivos. Por lo tanto, los componentes de las escorias varían en los distintos procesos metalúrgicos. La escoria metalúrgica del hierro se origina como masa fundida de rocas a aproximadamente 1650 grados Celsius durante el procesamiento de arrabio, hierro esponjoso, o de chatarra para producir acero. La misma se forma a partir de los elementos trazas oxidados del arrabio y de otros materiales metálicos, así como de la cal añadida para la formación de escoria o dolomita quemada. Dependiendo de cómo se genera el acero, se diferencia entre escorias LD, provenientes del método de acero soplado y escorias de horno eléctrico, provenientes del método de acero eléctrico.

[0011] La Tabla I indica la composición media de escorias de altos hornos. La cal, el silicio y el magnesio son los componentes principales de la escoria. La composición promedio de escorias según DIN 52100, parte II, punto 6.1 es:

Tabla 1: Composición de escorias en % en peso según DIN 52100, parte II, punto 6.1

% en peso	Alto horno	LD	Horno eléctrico
SiO ₂	36	18	13
Al ₂ O ₃	10,2	2,0	6,0
CaO	40	49	26
MgO	9,5	2,5	5
TiO ₂	1,2		
Fe	0,3	18	22
MnO ₂	0,6	4,2	0,2

[0012] Según el estado de la técnica actual, por tonelada de arrabio se producen aproximadamente 250 kg de escoria de altos hornos y aproximadamente 120 kg de escoria de acerías/t de acero bruto. En total, en Alemania se producen desde 2005 aproximadamente 7,5 millones de toneladas de escoria de altos hornos, 4,8 millones de toneladas de escoria de acerías de calcio silicato, incluyendo aproximadamente 1 millón de toneladas de escoria de hornos eléctricos, las cuales deben aprovecharse prioritariamente conforme a los requerimientos legales (Ley de Gestión de Reciclaje, Ley Federal de Control de Emisiones).

[0013] La escoria de altos hornos se procesa actualmente a través de enfriamiento lento para formar escoria fragmentada cristalina de altos hornos o a través de un enfriamiento rápido en agua para formar escoria granulada amorfa. Las fases cristalinas principales formadas durante el enfriamiento son gehlenita ($2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$), akermanita ($2\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$) y silicato dicálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$). En escorias ricas en MgO se producen periclase (MgO) y espinela ($\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$). La reactividad de una escoria de altos hornos puramente cristalina es marcadamente menor en comparación con una escoria de altos hornos solidificada de forma vítrea-amorfa.

[0014] El dióxido de carbono se produce durante la combustión de carbono o hidrocarburos con oxígeno. El proceso de combustión propiamente dicho es una reacción redox, en donde el carbono absorbe 4 electrones. El oxígeno necesario para la reacción puede estar presente tanto en forma pura como también como componente de mezclas de gases. De modo formal, el oxígeno pasa de la etapa de oxidación 0, a través de la absorción de 2 electrones, al estado químico 2, es decir, se reduce. El carbono libera en dos átomos de oxígeno involucrados 2 electrones, respectivamente, y pasa al estado 4+.

[0015] La combustión completa de carbono conduce a la formación de dióxido de carbono:

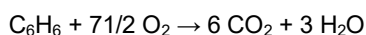


[0016] La entalpía de formación ΔH° del dióxido de carbono CO_2 asciende a -394 kJ /mol, es decir que en el caso de la formación de 1 mol de CO_2 se libera una cantidad de calor de 394 kJ.

[0017] En el caso de una combustión incompleta, junto con el CO_2 se produce también el monóxido de carbono tóxico:



[0018] La combustión de hidrocarburos conduce igualmente a la formación de CO_2 .



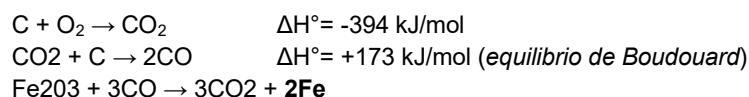
[0019] Las siguientes observaciones demuestran cuán estrechamente se relacionan los procesos actuales para la generación de energía con la producción de CO_2 :

Producción de 1 kWh (en el mix energético)) $\rightarrow$ 0,55 kg CO_2

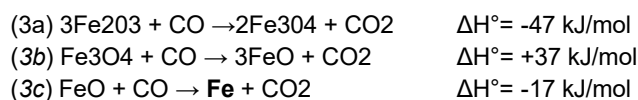
Combustión de 1 l de fueloil libera 2,44 kg de CO_2

[0020] En el proceso de los altos hornos también el dióxido de carbono tiene un rol determinante en la reacción de combustión. En el esquema de reacción se produce hierro como resultado de la reducción directa o indirecta:

Reducción directa:



Reducción indirecta:



[0021] Actualmente, Alemania produce aproximadamente 830 millones de toneladas de CO₂ por año y en todo el mundo la producción de CO₂ se estima en 32 mil millones de toneladas.

[0022] La idea según la invención se basa en la agrupación y la reacción de escorias metalúrgicas calientes que, en las cámaras de combustión de las plantas metalúrgicas, durante la producción de hierro y de acero, se calientan a una temperatura de aproximadamente 800 °C, inmediatamente después del sangrado con dióxido de carbono capturado, disociado y almacenado. De este modo tienen lugar las siguientes reacciones fundamentales de los componentes CaO y MgO de la escoria con CO₂:

1. Reacción del CO₂ con óxido de calcio/cal viva o cal libre [CaO]



La ecuación de reacción correspondiente resulta de la relación de las masas molares:



De este modo se determina al mismo tiempo la cantidad posible de CO₂ fijado con relación a la cantidad de CaO utilizada (44:56). La reacción química es exotérmica y como producto de reacción se produce carbonato de calcio CaCO₃.

2. Como otro reactivo alternativo para CO₂ se considera el óxido de magnesio MgO en la escoria.



[0023] Como producto de reacción del proceso igualmente exotérmico se produce magnesita MgCO₃. La relación de reacción molar CO₂ para formar MgO se comporta como 44:40.

[0024] Para la fijación de CO₂ es esencial la reacción inmediatamente después de la colada de la escoria, aprovechando la temperatura elevada que se encuentra presente. Con ello se suprime un recalentamiento de la escoria para las reacciones, de lo contrario necesario después del enfriamiento. Junto con la ventaja económica del proceso directamente a continuación de un proceso metalúrgico, a través de la temperatura elevada de aproximadamente 800 °C, el óxido de calcio se encuentra disponible como reactivo para el CO₂. Durante el enfriamiento de la escoria, la cal libre [CaO] se cristaliza en las fases de dos o tres sustancias gehlenita y akermanita.

[0025] Otra ventaja económica del método según la invención no se trata solo de una reducción duradera y fijación de CO₂, sino del producto de reacción piedra caliza CaCO₃ que se produce al mismo tiempo. La piedra caliza, a través de su amplia y elevada aplicación conforme a las cantidades posee una importancia extraordinaria en todo el sector de la construcción.

[0026] De manera ventajosa, el CO₂ se separa por ejemplo del gas de combustión de centrales eléctricas y se transporta hacia la escoria metalúrgica caliente, comprimido en tuberías. El transporte de gases es sencillo y, en el caso de CO₂ no inflamable, se asocia a un grado seguridad y de riesgo reducido. La rentabilidad durante el transporte puede aumentarse aún más a través de la compresión del CO₂.

Con frecuencia, las centrales eléctricas de lignito y de hulla para generar energía eléctrica, las cuales emiten grandes cantidades de CO₂ mediante los gases residuales y de combustión, no están establecidas muy lejos de las plantas para la producción de acero. Estas últimas necesitan la energía eléctrica para el proceso metalúrgico directo/horno eléctrico, o para instalaciones de laminación conectadas aguas abajo. Esa relación y proximidad es óptima para una cooperación para reducir y disminuir la emisión de CO₂. En una variante particular del método, el CO₂ también puede almacenarse de forma intermedia para adaptar el desarrollo de reacción temporal y local a los pasos del método correspondientes de la planta metalúrgica.

[0027] De manera ventajosa, la cámara de reacción y del proceso se conecta directamente a la instalación metalúrgica y la escoria líquida se introduce directamente en el área de procesos. El área de procesos está realizada especialmente para colar la escoria caliente en una superficie de gran tamaño. De este modo, el gas CO₂ que entra obtiene una superficie de reacción de gran tamaño y se produce un aprovechamiento óptimo del componente CaO en la escoria. En una variante del área de reacción, la escoria caliente es colada mediante coquillas precalentadas

con una estructura superficial finamente distribuida y con una circulación de gas CO_2 en todos los lados. Una superficie especialmente grande para la fijación de CO_2 y la acidificación del CaO se obtiene soplando el CO_2 hacia la escoria bajo presión elevada, de modo similar al método metalúrgico, preferentemente en capas de escoria delgadas de 1-3 cm.

- 5 [0028] Debido a la capacidad térmica elevada de la escoria, la reacción base necesaria con CO_2 puede presentarse y realizarse varias veces. Gracias a ello se incrementa la efectividad del método.

- 10 [0029] En una variante especial, la cámara de reacción puede estar provista de platos giratorios o plataformas giratorias, en donde a través de la rotación y de las fuerzas centrífugas que se producen, la escoria líquida suministrada en el centro del plato se distribuye de forma homogénea como capa delgada, hasta el borde del plato, utilizándose así para una reacción óptima con el CO_2 que entra.

[0030] Con el fin de acelerar las reacciones y agrandar las superficies del gas, determinantes para las reacciones, y del dispositivo, el dióxido de carbono que debe incorporarse se sopla, aumentando con ello la presión que actúa sobre las reacciones.

REIVINDICACIONES

1. Método para la incorporación de dióxido de carbono nocivo para el medio ambiente mediante la utilización de óxidos elementales provenientes de los procesos técnicos de altos hornos de la industria metalúrgica, de la industria del acero o de la industria de la fundición, caracterizado por que el dióxido de carbono nocivo para el medio ambiente que debe incorporarse, después de la respectiva finalización del sangrado del alto horno, se conduce de forma comprimida a las áreas del lugar de producción de las escorias de altos hornos para aprovechar directamente la energía térmica y la concentración de CO_2 se suministra de forma controlada hasta que la cantidad de calor que se encuentra presente en la escoria de altos hornos es suficiente para realizar el respectivo método de incorporación, y se encuentra presente la cantidad suficiente de óxidos elementales, en donde la escoria de altos hornos presenta una energía térmica en el rango de temperatura de 400 °C a 1000 °C, en particular, en el rango de temperatura de 800 °C a 1000 °C, y en esas áreas locales es llevado a una combinación reactiva con los óxidos elementales contenidos en las escorias de altos hornos y/o con sus estados ionizados.
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que el CaCO_3 que se produce durante la incorporación de dióxido de carbono con los componentes del óxido de calcio se aprovecha para producir piedra caliza.
3. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que el MgCO_3 que se produce durante la incorporación de dióxido de carbono con los componentes del óxido de magnesio se aprovecha para producir magnesita.
4. Método según una de las reivindicaciones 1, 2 y 3, caracterizado por que, en el caso del suministro continuo de dióxido de carbono durante el proceso de refrigeración de las escorias de altos hornos, en el caso de no alcanzarse las temperaturas mínimas respectivamente predeterminadas, los compuestos de materiales piedra caliza (CaCO_3) y magnesita (MgCO_3) se separan mediante métodos de separación conocidos en sí mismos.

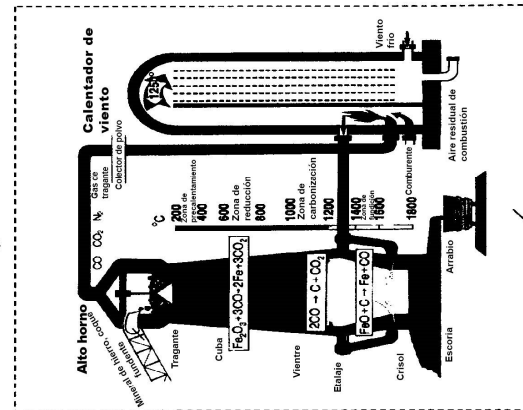
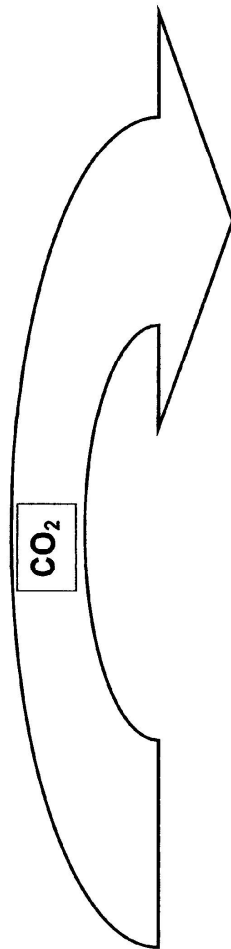
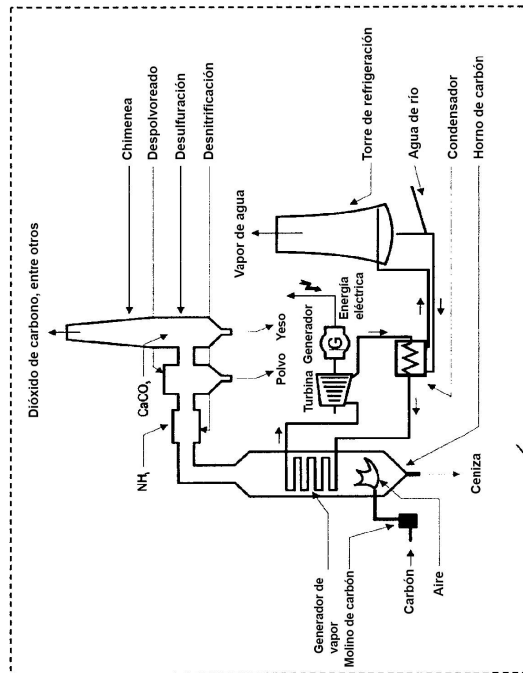


Fig. 1



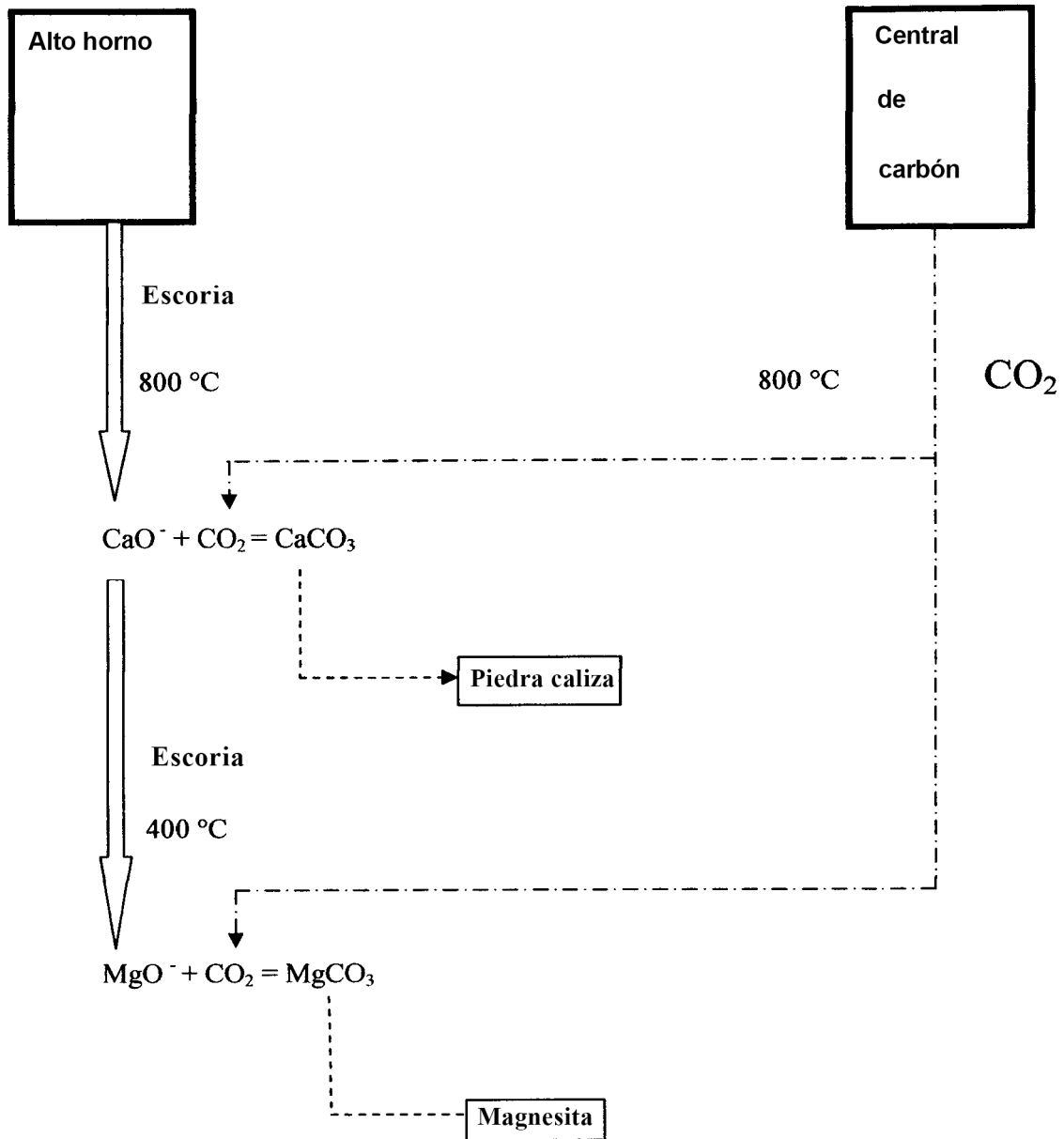


Fig. 2