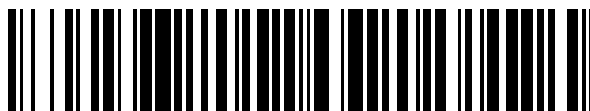


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 523 922**

51 Int. Cl.:

E21C 45/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.07.2008** **E 08784628 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.11.2014** **EP 2318657**

54 Título: **Método de extracción y procesado de sedimento de fondo marino**

30 Prioridad:

02.07.2008 GB 0812119

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

02.12.2014

73 Titular/es:

**MARINE RESOURCES EXPLORATION
INTERNATIONAL B.V. (100.0%)
Klaaskampen 24
1251 KP Laren, NL**

72 Inventor/es:

PATRICIU, DAN, COSTACHE

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 523 922 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 de extracción y procesado de sedimento de fondo marino

5 La presente invención se refiere a un método de extracción y procesado de sedimento de fondo marino.

Hoy día hay mínima actividad en el campo de la minería en el fondo marino. Es un campo que está comenzando a ser desarrollado por compañías como Nautilus Minerals que usa técnicas de oruga para extraer sulfuros minerales del fondo marino. De Beers también usa varios métodos de extracción. Estos incluyen un sistema horizontal en el
10 que una oruga de fondo marino pone gravas diamantíferas en un buque de superficie y un sistema vertical en el que una perforadora recupera gravas diamantíferas del fondo marino.

También es relevante para la presente invención el campo de la recuperación de hidratos de gas. Existen varias propuestas para recuperar gas de los hidratos de gas que hay en una formación geológica debajo de la superficie de la tierra mediante un proceso que implica la perforación convencional de un agujero similar al usado en la industria del petróleo y gas para entrar en los estratos conteniendo hidratos y a continuación hacer que el hidrato se disocie reduciendo la presión o incrementando la temperatura y/o a través de estimulación química.

15 La presente invención se refiere a proporcionar un nuevo método de minería de fondo marino para recuperar materiales que previamente no han sido recuperados.

CN 101182771 describe un método de minería de fondo marino incluyendo los pasos de:

25 1) Remover sedimento en el fondo marino para formar una suspensión;

2) Transportar la suspensión a la superficie; y

3) Procesar la suspensión para disociar hidratos y quitar hidratos de la suspensión en forma gaseosa en la superficie.

30 Según la invención, dicho método se caracteriza por transportar la suspensión o componentes de la suspensión desgasificada a una posición en tierra.

35 La presente invención proporciona un método de minería de fondo marino para extraer una corriente gaseosa de los hidratos de gas. La suspensión de la que se ha separado el gas puede ser descargada, o puede ser procesada más como se expone a continuación para obtener más productos finales.

40 El sedimento puede ser removido por un sistema de levantamiento hidráulico. Sin embargo, preferiblemente, esto se lleva a cabo con una herramienta de minería de oruga operada a distancia puesto que ésta es capaz de remover mecánicamente el sedimento.

45 En algunas circunstancias, dependiendo de la geología del sedimento, o la manera en que éste ha sido extraído del fondo marino, la suspensión transportada a la superficie puede no contener partículas de dimensiones excesivas. Sin embargo, el método también incluye preferiblemente el paso de pasar la suspensión a través de un tamiz para quitar las partículas más grandes antes de o durante el paso 3.

50 El gas recuperado de los hidratos puede ser transportado simplemente para uso sin procesado adicional. Sin embargo, preferiblemente, es licuado o comprimido para facilitar el manejo adicional. El gas comprimido puede ser transportado al fondo marino para facilitar el transporte de la suspensión a la superficie.

Si la suspensión contiene una cantidad excesiva de agua del mar, puede experimentar un paso de deshidratación.

55 Los pasos 1 a 3 del método se pueden llevar a cabo en una posición en alta mar. Una vez que el gas ha sido extraído y, opcionalmente, se ha quitado el agua excedente en el paso de deshidratación, la suspensión es transportada preferiblemente a una posición en tierra para tratamiento adicional. Durante dicho transporte, la suspensión es agitada preferiblemente para evitar la sedimentación de diferentes materiales que en caso contrario impediría el manejo adicional de la suspensión.

60 La suspensión de la que se ha extraído el gas en el paso 3) puede ser procesada adicionalmente posteriormente. En una aplicación, esta suspensión contendrá minerales y sapropel. Sapropele es un término conocido en la técnica para designar sedimentos que son ricos en materia orgánica. El método incluye además el paso de separar la suspensión en una corriente rica en minerales y una corriente rica en sapropel. La deshidratación adicional se puede llevar a cabo durante esta separación. Alternativamente, las dos corrientes pueden ser deshidratadas individualmente en una etapa posterior. La corriente rica en minerales puede ser separada adicionalmente en varias corrientes cada una rica en un mineral concreto. La corriente rica en sapropel es procesada preferiblemente para producir combustible y/o energía utilizables.

Las corrientes pueden ser separadas por una centrífuga para producir sapropel y sedimentos minerales. La centrífuga también puede realizar la deshidratación.

5 Se puede aplicar gasificación a la corriente rica en sapropel para producir gas sintético.

Se aplica separación adicional a la corriente rica en minerales para producir sulfuros minerales, óxidos minerales o metales separados.

10 Según un segundo aspecto de la presente invención se facilita un aparato para extracción y procesado de sedimento de fondo marino incluyendo una herramienta de minería de oruga para avanzar a través del fondo marino y formar una suspensión; una columna de producción ascendente para transportar la suspensión de la oruga a la superficie; un primer separador para disociar hidratos y sacar hidratos de la suspensión en forma gaseosa en la superficie. Se facilita preferiblemente un segundo separador para separar la suspensión en una corriente rica en
15 minerales y una corriente rica en sapropel. Un tercer separador tiene preferiblemente la finalidad de separar la corriente rica en minerales en varias corrientes cada una rica en un mineral concreto. Se facilita preferiblemente una planta de procesado de sapropel para procesar la corriente rica en sapropel para producir combustible utilizable.

20 Un ejemplo de un método y aparato según la presente invención se describirá ahora con referencia a los dibujos acompañantes, en los que:

La figura 1 es una representación esquemática de los componentes en alta mar del sistema.

Y la figura 2 es una representación esquemática de los componentes en tierra del sistema.

25 Los componentes en alta mar del sistema están centrados alrededor de un buque de producción flotante 1 que aloja varios elementos del equipo de producción descrito en detalle más adelante.

30 La minería del fondo marino se lleva a cabo con una herramienta de minería de oruga 2 que está diseñada para operar a profundidades de hasta 2000 m y es controlada desde un módulo de control a bordo del buque de producción. La herramienta de minería de oruga es un vehículo tractor maniobrable direccionalmente que puede moverse a lo largo del fondo marino 3 y está equipado con un mecanismo para recuperar mecánicamente sedimentos en forma de un cabezal de corte mecánico para remover los sedimentos y reducir el tamaño de
35 partícula, combinado con aspiración para recuperar el sedimento removido. La herramienta es movida por un motor hidráulico que es accionado por un paquete de potencia hidráulica 4 en el buque 1. Éste está conectado al buque por un umbilical 5 que suministra potencia hidráulica y eléctrica para impulsar y controlar el vehículo. Tanto la velocidad de movimiento a través del fondo marino como la profundidad de excavación se pueden variar para lograr la tasa deseada de recuperación de sedimento. El vehículo también está equipado con luces y cámaras CCTV para facilitar el control y la dirección y dispositivos sonar para medir el grosor de la capa de sedimento.

40 La oruga 2 está conectada al buque 1 por una columna ascendente rígida construida en secciones de tubo de acero o una columna de producción ascendente flexible 6, similar a las usadas en la industria del petróleo y gas en alta mar, construida de un material compuesto incluyendo, aunque sin limitación, hilos de acero enrollados en espiral para proporcionar resistencia mecánica, capas de caucho y termoplástico para proporcionar flexibilidad y
45 aislamiento. La columna ascendente tiene un diámetro interno de entre 200 mm y 600 mm. El diámetro está diseñado para lograr una tasa óptima de flujo de hasta 20 m/s. Los sedimentos excavados se mezclan con agua del mar para formar una suspensión. Ésta es impulsada al buque de producción 1 usando una combinación de una bomba de vacío situada en la herramienta de minería de oruga 2 para realizar la aspiración inicial y la alimentación a la columna ascendente y un proceso de elevación de gas por el que gas comprimido es inyectado a lo largo del umbilical 7 a la sección inferior de la columna ascendente. Esto hace que la mezcla de suspensión y gas fluya a
50 través de la columna de producción ascendente 6 al buque 1. La tasa de flujo de la suspensión se controla variando la bomba o el caudal de inyección de gas.

55 Cuando la suspensión avanza a lo largo de la columna de producción ascendente 6, la presión cae y los hidratos de gas comienzan a disociarse naturalmente. Este proceso puede ser asistido por los aros de generación de microondas.

60 En el buque de producción, la suspensión se pasa en primer lugar a través de un tamiz clasificador 8 donde las partículas grandes son quitadas por limpieza automática o manual del tamiz. El tamiz, que también puede ser un tamiz de lavado, es un tamiz estacionario o de impacto o puede ser una criba plana o tamiz inclinado.

La suspensión que pasa a través del tamiz contiene gases libres y pequeños fragmentos de hidrato que no se han disociado completamente. Ésta es alimentada al tren separador 9 que incorpora un ciclón para separar los sólidos de la suspensión dejando el agua y el gas que se alimenta a un separador de dos fases. La presión y la temperatura a
65 través del tren separador 9 son controladas dependiendo del caudal y la composición de la suspensión. Los gases procedentes del separador 9, que pueden incluir metano, etano, propano, sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono,

son alimentados a la etapa de procesamiento adicional 10 que incluirá acondicionamiento de gas y una planta de licuefacción tal como un proceso basado en turboexpansor de gas, que incluye un ciclo de refrigeración de expansor tal como el ciclo Brayton inverso. El gas comprimido o licuado es alimentado a un depósito de contención 11. El gas comprimido o licuado es alimentado posteriormente a un buque de transporte de gas comprimido/licuado 12 para transportarlo a tierra.

Parte del gas procedente del separador es alimentado a un sistema de compresión de gas 13 que suministra gas a la oruga 2 a lo largo del umbilical 7.

La suspensión libre de gas procedente del tren separador 9 es transportada a un depósito de contención de suspensión 14 donde se puede añadir más agua del mar si es necesario para mantener la suspensión en una condición adecuada para bombearla a graneleros 15 equipados con depósitos de carga para contener la suspensión. Los depósitos de carga contienen agitadores y/o un sistema de bombeo por recirculación para impedir la separación de los sedimentos y el agua del mar dentro de los depósitos y mantener los sedimentos en un estado suspendido. Los graneleros 13 también incorporan un sistema de gas inerte y ventilación para proporcionar una manta de gas inerte en los depósitos al objeto de eliminar la presencia de oxígeno para mitigar el riesgo de creación de una mezcla explosiva de aire y gas como resultado del gas residual dentro de la suspensión y transportar por ello la suspensión en condiciones de seguridad.

La figura 2 muestra el procesamiento de la suspensión desgasificada de los graneleros 15. Aunque este proceso se describe realizado en tierra, se apreciará que este proceso también se puede llevar a cabo en alta mar. De hecho, el punto en el que la suspensión es transportada a tierra puede ser cualquier punto en el procesamiento después de la extracción de la suspensión por la herramienta de minería de oruga 2.

El sedimento de suspensión desgasificada del granelero 15 es una mezcla de sedimentos que se formaron o concentraron durante la sedimentación y diagénesis. Es rica en minerales existentes especialmente como sulfuros metálicos en forma cristalina, compuestos organometálicos, hidratos de gas y materia orgánica que consta de una mezcla compleja de hidrocarburos de peso molecular alto, esteroides saturados, ácidos grasos y ácidos húmicos. La suspensión del granelero 15 es alimentada en primer lugar a una unidad de preacondicionamiento de suspensión 20 que es un buque de residencia en el que los gases residuales 21 incluyendo metano, etano, propano, sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono son recuperados y enviados a combinación con el gas de síntesis obtenido de la planta de gasificación descrita más adelante. Se forma fácilmente una capa de agua encima de la suspensión y ésta puede ser decantada como corriente de agua decantada 22.

La corriente de suspensión preacondicionada 23 es alimentada a una centrífuga de tres vías 24 que puede ser una centrífuga Bikel Wolf de Alfa Laval que se usa en aplicaciones que implican agua en sedimento orgánico o una mezcla de diferentes densidades de fase inorgánica, fase orgánica y agua. La centrífuga separa la fase líquida del agua del mar como corriente de agua residual 25 que es devuelta al mar. Los sólidos ligeros ricos en sapropel son separados como corriente de sapropel 26, mientras que el sedimento pesado separado en la parte inferior de la centrífuga contiene los sulfuros metálicos y compuestos organometálicos como corriente mineral 27.

La corriente mineral 27 es procesada usando técnicas conocidas para procesamiento de minerales en la etapa de procesamiento de minerales 28. Se usan técnicas metalúrgicas de extracción para reducir los minerales de óxido y sulfuro para liberar los minerales deseados por métodos de reducción incluyendo técnicas químicas o electrolíticas. Éstas van seguidas, en muchos casos, por electrólisis, fusión selectiva, fraccionación y tratamiento eléctrico para producir elementos metálicos separados o aleaciones compatibles. Dependiendo de la composición específica de los sulfuros metálicos, la reducción química se puede llevar a cabo en varios procesos incluyendo fusión con hidrógeno y reducción con un agente reductor selectivo, preferiblemente coque o carbón vegetal, y agente purificador para separar los metales fundidos puros (tal como hierro 29, magnesio 30 y aluminio 31 de los productos residuales 32).

La corriente de sapropel 26 entra entonces en una etapa preacondicionada 33 en la que el agua excedente se quita por decantación en un buque de residencia o por centrifugación para producir una materia orgánica deshidratada, parcialmente deshidratada o seca. Ésta puede ser usada como un componente de mezcla para fabricar briquetas de carbón o coque de petróleo o una mezcla combustible de encendido directo. Sin embargo, preferiblemente, la corriente de sapropel acondicionada 35 es alimentada a una planta de gasificación 34 en la que es gasificada por oxidación parcial de la materia orgánica con oxígeno 36 produciendo gas sintético bruto (gas de síntesis) usando el método Fisher-Tropsch de gasificación de carbón, tal como el Proceso de Gasificación Shell (SGP) que añade valor al proceso de gasificación por la integración de las plantas de gasificación en una planta eléctrica de ciclo combinado para producir electricidad.

La corriente de gas de síntesis resultante 37 se pasa a continuación a través de una planta de purificación 38 que puede realizar la separación del dióxido de carbono, dióxido de azufre y agua excedente restantes que se pueden separar o combinar con la planta de gasificación 34 para obtener gas de síntesis limpio con una especificación técnica necesaria para obtener electricidad y vapor 39, gas de síntesis limpio para uso en refinerías 40 o hidrocarburos por síntesis orgánica 41.

- 5 La planta de gasificación 34 también produce un efluente que contiene dióxido de azufre 42 del que el azufre es recuperado en una planta de procesamiento de azufre 43 por tecnologías conocidas como el proceso Claus para azufre puro. El dióxido de azufre puede ser convertido a ácido sulfúrico 44, usando la tecnología Stratco-DuPont o azufre granulado 45 para modificación de bitumen u hormigón con contenido de azufre o azufre para uso industrial 46. Dependiendo del contenido de minerales, también se puede producir ceniza 47 en la planta de gasificación 34. Ésta es rica en microelementos que son componentes de mezcla adecuados para producir fertilizantes 48 en el paso 49.

REIVINDICACIONES

1. Un método de extracción y procesado de sedimento de fondo marino incluyendo los pasos de:
 - 5 1) remover sedimento en el fondo marino (3) para formar una suspensión usando una a herramienta de minería de oruga operada a distancia (2);
 - 2) transportar la suspensión a la superficie mediante una columna de producción ascendente (6);
 - 10 3) procesar la suspensión para disociar hidratos y quitar hidratos de la suspensión en forma gaseosa en la superficie, **caracterizado** por:
 - 4) transportar la suspensión a una posición en tierra.
- 15 2. Un método según la reivindicación 1, donde el paso 2 incluye transportar gas comprimido al fondo marino (3) para facilitar el transporte de la suspensión a la superficie.
3. Un método según alguna de las reivindicaciones precedentes, incluyendo además el paso de pasar la suspensión a través de un tamiz (8) para quitar partículas más grandes antes o durante el paso 3.
- 20 4. Un método según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde los gases derivados de los hidratos son licuados posteriormente.
- 25 5. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde los gases derivados de los hidratos son comprimidos posteriormente.
6. Un método según la reivindicación 5 y la reivindicación 2, donde algunos de los gases comprimidos derivados de los hidratos son transportados al fondo marino (3) para facilitar el transporte de la suspensión a la superficie.
- 30 7. Un método según alguna de las reivindicaciones precedentes, incluyendo además agitar la suspensión durante el transporte a la posición en tierra.
8. Un método según la reivindicación 7, incluyendo además el paso de deshidratar parcialmente la suspensión.
- 35 9. Un método según alguna de las reivindicaciones anteriores, incluyendo además: separar la suspensión en una corriente rica en minerales (27) y una corriente rica en sapropel (26).
10. Un método según las reivindicaciones 8 y 9, donde los pasos de deshidratar y separar la suspensión en una corriente rica en minerales (27) y una corriente rica en sapropel (26) se realizan simultáneamente en una centrífuga de tres vías (24).
- 40 11. Un método según la reivindicación 9, incluyendo además separar la corriente rica en minerales (27) en un número de corrientes cada una rica en un mineral concreto.
- 45 12. Un método según la reivindicación 9 o 11, incluyendo además procesar la corriente rica en sapropel (26) para producir combustible y/o energía utilizables.
13. Un método según la reivindicación 11, donde el paso de separar la corriente rica en minerales (27) incluye separar la corriente rica en minerales en sulfuros minerales, óxidos minerales o metales separados.
- 50 14. Un método según la reivindicación 12, donde el paso de procesar la corriente rica en sapropel (27) incluye el paso de gasificar la corriente rica en sapropel (27) para producir el combustible y/o la energía utilizables.
15. Un aparato para extracción y procesado de sedimento de fondo marino incluyendo una herramienta de minería de oruga (2) para avanzar a través del fondo marino (3) y formar una suspensión; una columna de producción ascendente (6) para transportar la suspensión desde la oruga (2) a la superficie; un primer separador para disociar hidratos y quitar hidratos de la suspensión en forma gaseosa en la superficie; **caracterizado** por medios para transportar la suspensión a una posición en tierra.
- 55 16. Un aparato según la reivindicación 15, incluyendo además un segundo separador para separar la suspensión en una corriente rica en minerales y una corriente rica en sapropel (26).
- 60 17. Un aparato según la reivindicación 16, incluyendo además un tercer separador para separar la corriente rica en minerales en un número de corrientes cada una rica en un mineral concreto.
- 65 18. Un aparato según las reivindicaciones 17, incluyendo además una planta de procesado de sapropel para

procesar la corriente rica en sapropel (26) para producir combustible y/o energía utilizables.

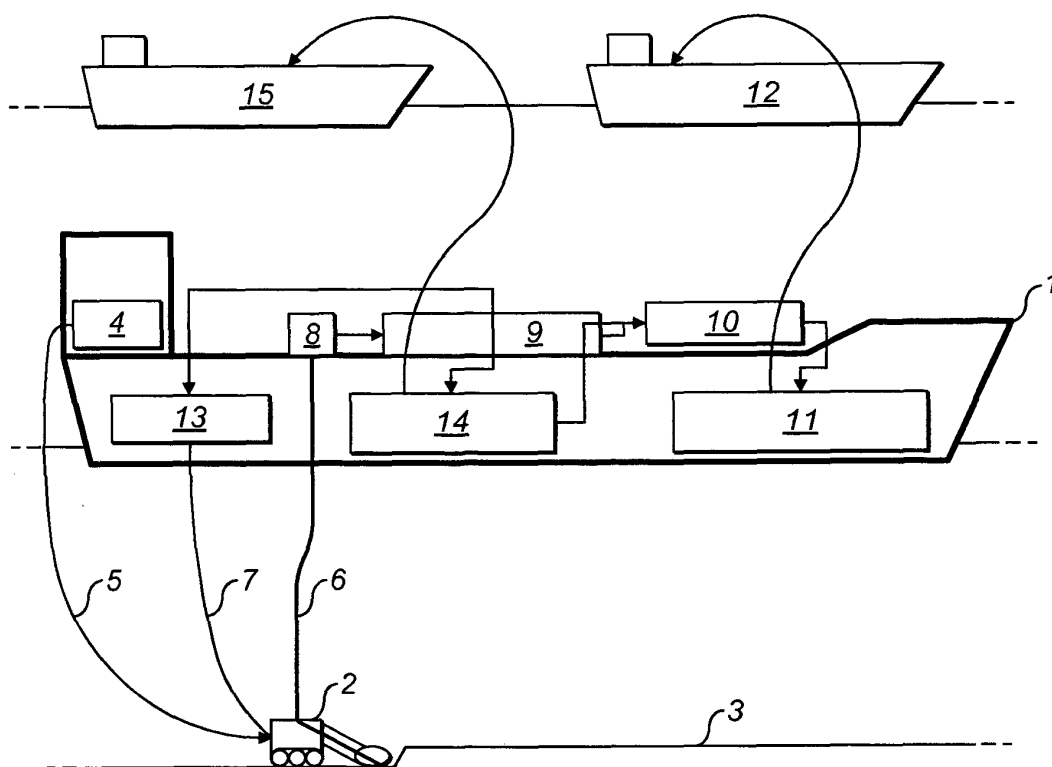


FIG. 1

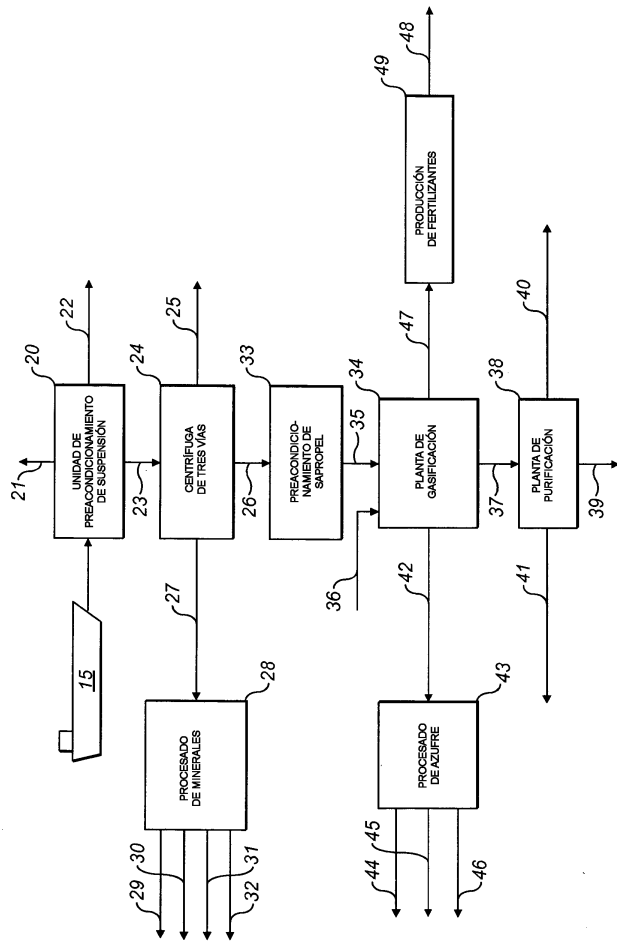


FIG. 2