(11) Número de Publicação: **PT 2318657 E**

(51) Classificação Internacional:
E21C 45/00 (2014.01)

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: **2008.07.04**

(30) Prioridade(s): **2008.07.02 GB 0812119**

(43) Data de publicação do pedido: **2011.05.11**

(45) Data e BPI da concessão: **2014.11.05**
233/2014

(73) Titular(es):
MARINE RESOURCES EXPLORATION INTERNATIONAL B.V.
KLAASKAMPEN 24 1251 KP LAREN **NL**

(72) Inventor(es):
DAN COSTACHE PATRICIU **GB**

(74) Mandatário:
ANTÓNIO JOÃO COIMBRA DA CUNHA FERREIRA
RUA DAS FLORES, Nº 74, 4º AND 1249-235 LISBOA **PT**

(54) Epígrafe: **MÉTODO DE MINERAÇÃO E PROCESSAMENTO DE SEDIMENTO DO FUNDO DO MAR**

(57) Resumo:
MÉTODO E APARELHO PARA MINERAÇÃO E PROCESSAMENTO DE SEDIMENTO DO FUNDO DO MAR QUE COMPREENDE AGITAR O SEDIMENTO NO FUNDO DO MAR (3) PARA FORMAR UMA LAMA; TRANSPORTAR A LAMA PARA A SUPERFÍCIE ATRAVÉS DE UMA CONDUTA DE ELEVAÇÃO DE PRODUÇÃO (6) E PROCESSAR A LAMA PARA DISSOCIAR OS HIDRATOS E REMOVER OS HIDRATOS DA LAMA NA FORMA GASOSA NA SUPERFÍCIE. A LAMA TAMBÉM PODE CONTER SAPROPEL E MINERAIS. SE ASSIM FOR, A LAMA PODE SER DIVIDIDA NUMA CORRENTE RICA EM MINERAIS E NUMA CORRENTE RICA EM SAPROPEL, CADA UMA DAS QUAIS PODE SER SUJEITA A OUTROS TRATAMENTOS.

RESUMO

"Método de mineração e processamento de sedimento do fundo do mar"

Método e aparelho para mineração e processamento de sedimento do fundo do mar que compreende agitar o sedimento no fundo do mar (3) para formar uma lama; transportar a lama para a superfície através de uma conduta de elevação de produção (6) e processar a lama para dissociar os hidratos e remover os hidratos da lama na forma gasosa na superfície. A lama também pode conter sapropel e minerais. Se assim for, a lama pode ser dividida numa corrente rica em minerais e numa corrente rica em sapropel, cada uma das quais pode ser sujeita a outros tratamentos.

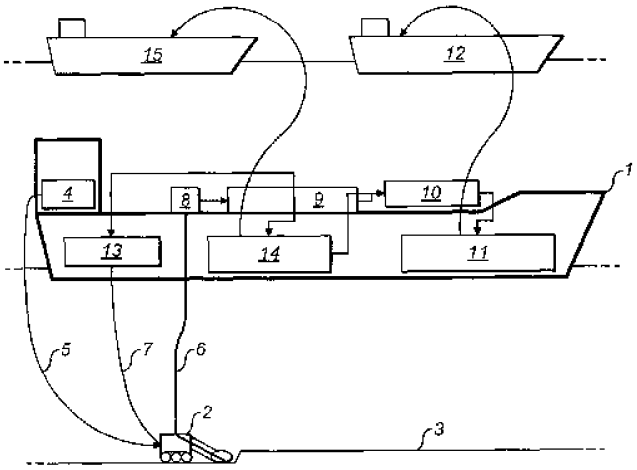


FIG. 1

DESCRIÇÃO

"Método de mineração e processamento de sedimento do fundo do mar"

O presente invento refere-se a um método de mineração e processamento de sedimento do fundo do mar.

Presentemente, existe uma actividade mínima no campo da mineração do fundo do mar. É uma área que está a começar a ser desenvolvida por companhias tais como a Nautilus Minerals que utiliza técnicas de arrastamento para mineração de sulfuretos minerais a partir do fundo do mar. A De Beers também utiliza um número de métodos de mineração. Estes incluem um sistema horizontal no qual um tractor de fundo do mar traz seixos de suporte de diamante para uma embarcação de superfície e um sistema vertical no qual uma broca recupera seixos de suporte de diamante a partir do fundo do mar.

Também é relevante para o presente invento o campo da recuperação do hidrato de gás. Existem várias propostas para recuperar gás a partir dos hidratos de gás que existem na formação geológica abaixo da superfície da terra, através de um processo que envolve a perfuração convencional de um poço similar aquele utilizado na indústria do petróleo e gás para entrar na camada geológica que suporta os hidratos e depois induzir o hidrato a dissociar-se quer ao reduzir a pressão quer ao aumentar a temperatura e ou através de estimulação química.

O presente invento dirige-se ao proporcionar de um novo método de mineração do fundo do mar para recuperar materiais que não foram previamente recuperados.

A CN 101182771 descreve um método de minerar o fundo do mar que compreende os passos de:

1) agitar o sedimento no fundo do mar para formar uma lama;
2) transportar a lama para a superfície; e
3) processar a lama para dissociar os hidratos e remover os hidratos da lama na forma gasosa na superfície.

De acordo com o invento, um tal método é caracterizado por transportar a lama ou componentes da lama desgaseificada para uma localização em terra.

O presente invento proporciona um método de mineração do fundo do mar para extrair uma corrente gasosa a partir dos hidratos de gás. A lama a partir da qual o gás foi separado pode quer ser descarregada quer ser ainda processada tal como especificado abaixo para render ainda produtos finais.

O sedimento pode ser agitado por um sistema de elevação hidráulico. No entanto, de preferência, isto é feito por uma ferramenta de mineração de tractor operada à distância dado que esta será capaz de agitar mecanicamente o sedimento.

Em algumas circunstâncias, que dependem da geologia do sedimento, ou da maneira em que este foi minerado a partir do fundo do mar, a lama transportada para a superfície pode não conter partículas com tamanho excessivo. No entanto, o método compreende de preferência ainda o passo de passar a lama através de um crivo para remover partículas maiores quer antes quer durante o passo 3.

O gás recuperado a partir dos hidratos pode simplesmente ser transportado para utilizar sem processamento adicional. No entanto, de preferência, o mesmo é quer liquidificado quer comprimido para facilitar uma manipulação adicional. O gás comprimido pode ser transportado para o fundo do mar para ajudar no transporte da lama para a superfície.

Se a lama contiver uma quantidade excessiva de água do mar pode passar por um passo de desidratação.

Os passos 1 a 3 do método podem ser levados a cabo numa localização fora de terra. Uma vez que o gás tenha sido extraído e, opcionalmente, a água em excesso tenha sido removida no passo de desidratação, a lama é de preferência transportada para uma localização em terra para tratamento adicional. Durante tal transporte, a lama é de preferência agitada para impedir que os materiais diferentes caiam, o que iria de outro modo prejudicar uma manipulação adicional da lama.

A lama a partir da qual o gás foi extraído no passo 3) pode depois ser ainda processada. Numa aplicação, esta lama irá conter minerais e sapropel. A sapropel é um termo conhecido da arte para sedimentos que são ricos em matéria orgânica. O método compreende ainda o passo de separar a lama numa corrente rica em minerais e uma corrente rica em sapropel. Podem ser levadas a cabo outras desidratações durante esta separação. De modo alternativo, as duas correntes podem ser desidratadas individualmente numa etapa mais à frente. A corrente rica em minerais pode ainda ser separada num número de correntes, cada uma rica num mineral particular. A corrente rica em sapropel é de preferência processada para produzir combustível e/ou energia utilizável.

As correntes podem ser separadas por uma centrífuga para produzir sapropel e sedimentos de minerais. A centrífuga também pode proporcionar desidratação.

A gaseificação pode ser aplicada à corrente rica em sapropel para produzir gás sintético.

É aplicada uma separação adicional à corrente rica em minerais para produzir sulfuretos minerais, óxidos minerais ou metais separados.

De acordo com um segundo aspecto do presente invento é proporcionado um aparelho para mineração e processamento de sedimento do fundo do mar que compreende uma ferramenta de mineração de tractor para deslocar-se ao longo do fundo do mar e formar uma lama; uma conduta de elevação de produção para transportar a lama do tractor para a superfície; um primeiro separador para dissociar os hidratos e remover os hidratos da lama na forma gasosa na superfície. É proporcionado de preferência um segundo separador para separar a lama numa corrente rica em minerais e numa corrente rica em sapropel. Um terceiro separador é de preferência para separar a corrente rica em minerais num número de correntes, cada uma rica num mineral particular. É proporcionada de preferência uma instalação de processamento de sapropel para processar a corrente rica em sapropel para produzir combustível que se pode utilizar.

Vai agora ser descrito um exemplo de um método e aparelho em conformidade com o presente invento com referência aos desenhos anexos, nos quais:

a Fig. 1 é uma representação esquemática dos componentes fora de terra do sistema; e

a Fig. 2 é uma representação esquemática dos componentes em terra do sistema.

Os componentes fora de terra do sistema estão centrados à volta de uma embarcação de produção flutuante 1 que aloja vários itens de equipamento de produção descritos em detalhe abaixo.

A mineração do fundo do mar é levada a cabo por uma ferramenta de mineração de tractor 2, a qual está concebida para operar a profundidades de mar de até 2000m e é controlada a partir de um módulo de controlo a bordo da embarcação de produção. A ferramenta de mineração de tractor é um veículo de tracção manobrável direccionalmente o qual pode deslocar-se ao longo do fundo do mar 3 e está equipado com um mecanismo para recuperar mecanicamente sedimentos na forma de uma cabeça de corte mecânica para agitar os sedimentos e reduzir o tamanho das partículas, em combinação com sucção para recuperar o sedimento agitado. A ferramenta é accionada por um motor hidráulico o qual é alimentado por um pacote de energia hidráulica 4 na embarcação 1. Este está ligado à embarcação através de um elemento umbilical 5 o qual fornece energia hidráulica e eléctrica para impulsionar e controlar o veículo. Tanto a velocidade de deslocação ao longo do fundo do mar como a profundidade de escavação podem ser variadas para alcançar a taxa de recuperação desejada de sedimento. O veículo também está equipado com luzes e câmaras CCTV para ajudarem a controlar e direccionar, e dispositivos de sonar para medir a espessura da camada de sedimento.

O tractor 2 está ligado à embarcação 1 quer por uma conduta de elevação rígida construída em secções a partir de uma tubagem de aço quer por uma conduta de elevação de produção flexível 6 similar àquelas utilizadas na indústria do petróleo e gás fora de terra construídas por um material

compósito que inclui, mas não está limitado, cabos de aço enrolados em espiral para proporcionar resistência mecânica, camadas de borracha e termoplástico para proporcionar flexibilidade e isolamento. A conduta de elevação tem um diâmetro interno de entre 200 mm e 600 mm. O diâmetro está projectado para alcançar um caudal óptimo de até 20 m/s. Os sedimentos escavados misturam-se com a água do mar para formar uma lama. Esta é impulsionada para a embarcação de produção 1 ao utilizar uma combinação de uma bomba de vácuo localizada na ferramenta de mineração de tractor 2 para proporcionar sucção inicial e alimentação para a conduta de elevação e um processo de elevação de gás, pelo que o gás comprimido é injectado ao longo do elemento umbilical 7 para dentro da secção inferior da conduta de elevação. Isto induz a mistura de lama e gás a escoar-se através da conduta de elevação de produção 6 para a embarcação 1. O caudal da lama é controlado ao variar a bomba ou o caudal de injecção de gás.

À medida que a lama se desloca ao longo da conduta de elevação de produção 6, a pressão cai e os hidratos de gás começam naturalmente a dissociar-se. Este processo pode ser ajudado pelos anéis de geração de micro-ondas.

Na embarcação de produção, a lama é em primeiro lugar passada através de um crivo de classificação 8 onde as partículas grandes são removidas por limpeza automática ou manual do crivo. O crivo, o qual também pode ser um crivo de enxaguamento, é um crivo estacionário ou de impacto ou pode ser uma peneira plana ou crivo de inclinação.

A lama que passa através do crivo contém gases livres e pequenos pedaços de hidrato que não se dissociaram completamente. Esta é alimentada para o comboio separador 9 que incorpora um ciclone para separar os sólidos da lama que deixa a água e gás que é alimentada para um separador de duas fases. A pressão e temperatura através do comboio separador 9 são controladas na dependência do caudal e composição da lama. Os gases a partir do separador 9 que podem incluir metano, etano, propano, sulfureto de hidrogénio e dióxido de carbono são alimentados para a outra etapa de processamento 10 que irá incluir condicionamento de gás e uma instalação de

liquefação tal como um processo baseado num turbo expansor de gás, o qual inclui um ciclo de refrigeração de expansor tal como o ciclo invertido de Brayton. O gás comprimido ou liquefeito é alimentado para um tanque de retenção 11. O gás comprimido ou liquefeito é então alimentado para uma embarcação de transporte de gás comprimido/liquefeito 12 a ser transportada para terra.

Algum do gás a partir do separador é alimentado para um sistema de compressão de gás 13 o qual fornece gás ao tractor 2 ao longo do elemento umbilical 7.

A lama livre de gás a partir do comboio separador 9 é transportada para um tanque de retenção de lama 14 onde água do mar adicional pode ser adicionada se for necessário para manter a lama numa condição adequada para bombear a mesma para graneleiros 15 equipados com tanques de carga para conter a lama. Os tanques de carga contêm agitadores e/ou um sistema de bombagem de reciclar para desencorajar a separação dos sedimentos e da água do mar dentro dos tanques e manter os sedimentos num estado suspenso. Os graneleiros 13 também incorporam um gás inerte e sistema de ventilação para proporcionar um cobertor de gás inerte nos tanques para eliminar a presença de oxigénio para atenuar o risco de uma mistura de gás de ar explosiva ser criada como um resultado de qualquer gás residual dentro da lama e, deste modo, transportar a lama numa condição segura.

A Fig. 2 mostra o processamento da lama desgaseificada a partir dos graneleiros 15. Muito embora este processo seja descrito como sendo levado a cabo em terra, será apreciado que este processo também pode ser levado a cabo fora de terra. De facto, o ponto no qual a lama é transportada em terra pode ser em qualquer ponto no processamento que se segue à mineração da lama pela ferramenta de mineração de tractor 2.

O sedimento de lama desgaseificada a partir do graneleiro 15 é uma mistura de sedimentos os quais foram formados ou concentrados durante a sedimentação e diagnóstico. É rico em minerais que existem especialmente como sulfuretos de metal na forma cristalina, compostos

organometálicos, hidratos de gás e matéria orgânica que consiste numa mistura complexa de hidrocarbonetos de elevado peso molecular, esteróis saturados, ácidos gordos e ácidos húmicos. A lama a partir do transportador 15 é primeiro alimentada para uma unidade de pré-condicionamento de lama 20 a qual é uma embarcação de residência na qual os gases residuais 21, incluindo metano, etano, propano, sulfureto de hidrogénio e dióxido de carbono são recuperados e enviados para serem combinados com o "syngas" obtido a partir da instalação de gaseificação abaixo descrita. Forma-se prontamente uma camada de água no topo da lama e esta pode ser decantada como corrente de água decantada 22.

A corrente de lama pré-condicionada 23 é alimentada para uma centrífuga de três vias 24 a qual pode ser uma centrífuga Bikel Wolf da Alpha Laval, a qual é utilizada em qualquer aplicação a qual envolva água em sedimento orgânico ou uma mistura de densidades diferentes de fase inorgânica, fase orgânica e água. A centrífuga separa a fase líquida da água do mar como corrente de água de desperdício 25 a qual é devolvida ao mar. Os sólidos leves os quais são ricos em sapropel são separados como corrente de sapropel 26, enquanto o sedimento pesado separado no fundo da centrífuga contém os sulfuretos de metal e os compostos organometálicos como corrente de mineral 27.

A corrente de mineral 27 é processada ao utilizar técnicas bem conhecidas para processamento de mineral na etapa de processamento de mineral 28. As técnicas metalúrgicas de extracção são utilizadas para reduzir os minerais de óxido e sulfureto para libertar os minerais desejados por métodos de redução que incluem técnicas químicas ou electrolíticas. Estas são seguidas, em muitos casos, por electrólise, fusão selectiva, fraccionamento e tratamento eléctrico para produzir elementos de metal separados ou ligas compatíveis. Dependendo da composição específica dos sulfuretos de metal, a redução química pode ser levada a cabo numa variedade de processos incluindo hidrogénio e fusão redutora com um agente de redução selectivo, de preferência coque ou carvão vegetal, e um agente de purificação para separar os metais derretidos puros

(tais como ferro 29, magnésio 30 e alumínio 31 dos produtos de desperdício 32).

A corrente de sapropel 26 entra então numa etapa pré-condicionada 33 na qual a água em excesso é removida quer por decantação num tanque residente quer por centrifugação para produzir uma matéria orgânica desidratada, parcialmente desidratada ou seca. Esta pode ser utilizada como um componente de mistura para fabricar briquetes de carvão mineral ou de coque de petróleo ou uma mistura de combustível de ignição directa. No entanto, de preferência, a corrente de sapropel condicionada 35 é alimentada para uma instalação de gaseificação 34 na qual a mesma é gaseificada por oxidação parcial da matéria orgânica com oxigénio 36, produzindo gás sintético em bruto (Syngas) ao utilizar o método Fisher-Tropsh da gaseificação de carvão mineral, tal como o Processo de Gaseificação da Shell (SGP) que adiciona valor ao processo de gaseificação pela integração das instalações de gaseificação numa central de ciclo combinado para produzir electricidade.

A corrente de "Syngas" resultante 37 é depois passada através de uma instalação de purificação 38 a qual pode proporcionar separação do dióxido de carbono restante, dióxido de enxofre e água em excesso que se pode separar ou combinar com a instalação de gaseificação 34 para obter "Syngas" limpo com uma especificação técnica necessária para obter electricidade e vapor 39, "Syngas" limpo para utilização em refinaria 40 ou hidrocarbonetos por síntese orgânica 41.

A instalação de gaseificação 34 também produz um efluente que contém dióxido de enxofre 42 a partir do qual o enxofre é recuperado numa instalação de processamento de enxofre 43 através de técnicas conhecidas como o processo de Claus para enxofre puro. O dióxido de enxofre pode ser convertido em ácido sulfúrico 44 ao utilizar a tecnologia Stratco-DuPont ou enxofre granulado 45 para modificação de betume ou betão com teor de enxofre ou enxofre para utilização industrial 46. Dependendo do teor de mineral, também pode ser produzida cinza 47 na instalação de gaseificação 34. Esta é rica em micro-elementos os quais são

componentes de mistura adequados para produzir fertilizantes 48 no passo 49.

Lisboa, 2014-11-25

REIVINDICAÇÕES

1 - Método de mineração e processamento de sedimento do fundo do mar que compreende os passos de:

1) agitar o sedimento no fundo do mar (3) para formar uma lama ao utilizar uma ferramenta de mineração de tractor operada à distancia (2);
2) transportar a lama para a superfície através de uma conduta de elevação de produção (6);
3) processar a lama para dissociar hidratos e remover hidratos da lama na forma gasosa na superfície, caracterizado por:
4) transportar-se a lama para uma localização em terra.

2 - Método de acordo com a reivindicação 1, em que o passo 2 compreende transportar gás comprimido para o fundo do mar (3) para ajudar no transporte da lama para a superfície.

3 - Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, que compreende ainda o passo de passar a lama através de um crivo (8) para remover partículas maiores quer antes quer durante o passo 3.

4 - Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, em que os gases derivados dos hidratos são subsequentemente liquefeitos.

5 - Método de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 3, em que os gases derivados dos hidratos são subsequentemente comprimidos.

6 - Método de acordo com a reivindicação 5 e reivindicação 2, em que alguns dos gases comprimidos derivados dos hidratos são transportados para o fundo do mar (3) para ajudar no transporte da lama para a superfície.

7 - Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, que compreende ainda agitar a lama durante o transporte para a localização em terra.

8 - Método de acordo com a reivindicação 7, que compreende ainda o passo de desidratar parcialmente a lama.

9 - Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, que compreende ainda: separar a lama numa corrente (27) rica em minerais e numa corrente (26) rica em sapropel.

10 - Método de acordo com as reivindicações 8 e 9, em que os passos de desidratação e separação da lama numa corrente (27) rica em minerais e numa corrente (26) rica em sapropel são levados a cabo simultaneamente numa centrífuga de três vias (24).

11 - Método de acordo com a reivindicação 9, que compreende ainda separar a corrente (27) rica em minerais num número de correntes, cada uma rica num mineral particular.

12 - Método de acordo com a reivindicação 9 ou 11, que compreende ainda processar a corrente (26) rica em sapropel para produzir combustível e/ou energia utilizável.

13 - Método de acordo com a reivindicação 11, em que o passo de separar a corrente (27) rica em minerais compreende separar a corrente rica em minerais em sulfuretos minerais, óxidos minerais ou metais separados.

14 - Método de acordo com a reivindicação 12, em que o passo de processar a corrente (27) rica em sapropel compreende o passo de gaseificar a corrente (27) rica em sapropel para produzir o combustível e/ou energia utilizável.

15 - Aparelho para mineração e processamento de sedimento do fundo do mar, que compreende uma ferramenta de mineração de tractor (2) para deslocar-se ao longo do fundo do mar (3) e formar uma lama; uma conduta de elevação de produção (6) para transportar a lama do tractor (2) para a superfície; um primeiro separador para dissociar hidratos e remover hidratos a partir da lama na forma gasosa na superfície; caracterizado por meios para transportar a lama para um local em terra.

16 - Aparelho de acordo com a reivindicação 15, que compreende ainda um segundo separador para separar a lama numa corrente rica em minerais e numa corrente (26) rica em sapropel.

17 - Aparelho de acordo com a reivindicação 16, que compreende ainda um terceiro separador para separar a corrente rica em minerais num número de correntes, cada uma rica num mineral particular.

18 - Aparelho de acordo com as reivindicações 17, que compreende ainda uma instalação de processamento de sapropel para processar a corrente (26) rica em sapropel para produzir combustível e/ou energia utilizável.

Lisboa, 2014-11-25

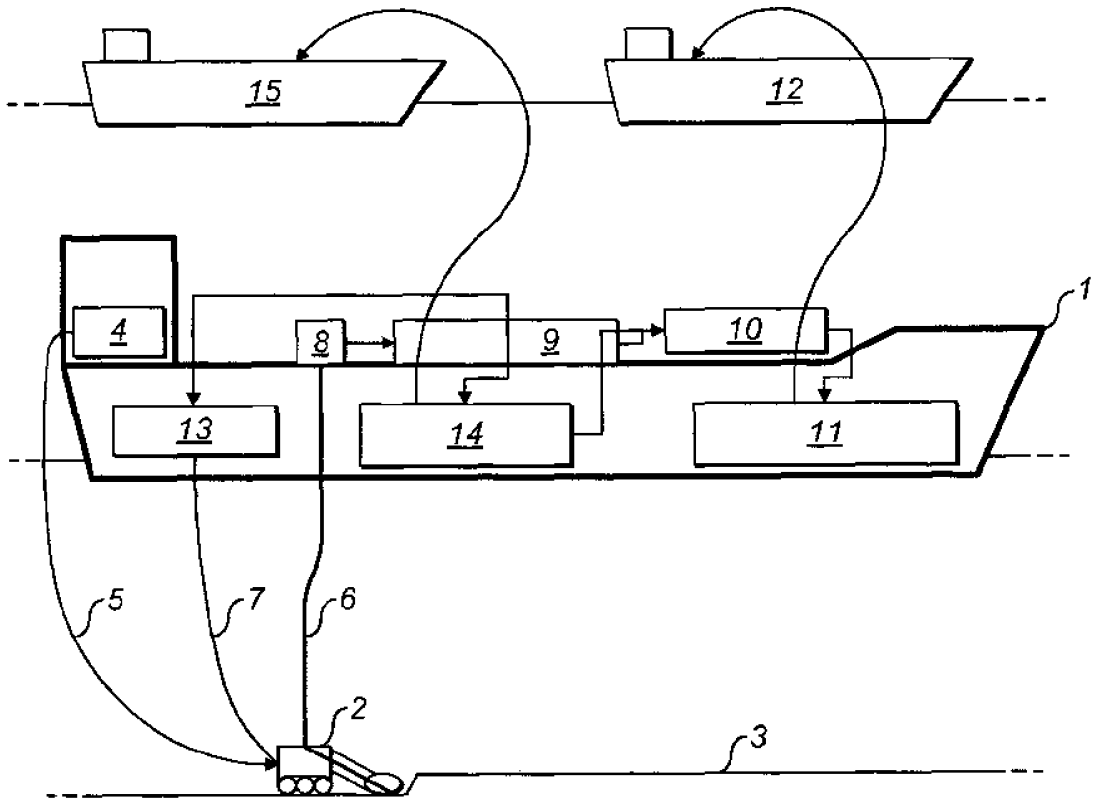


FIG. 1

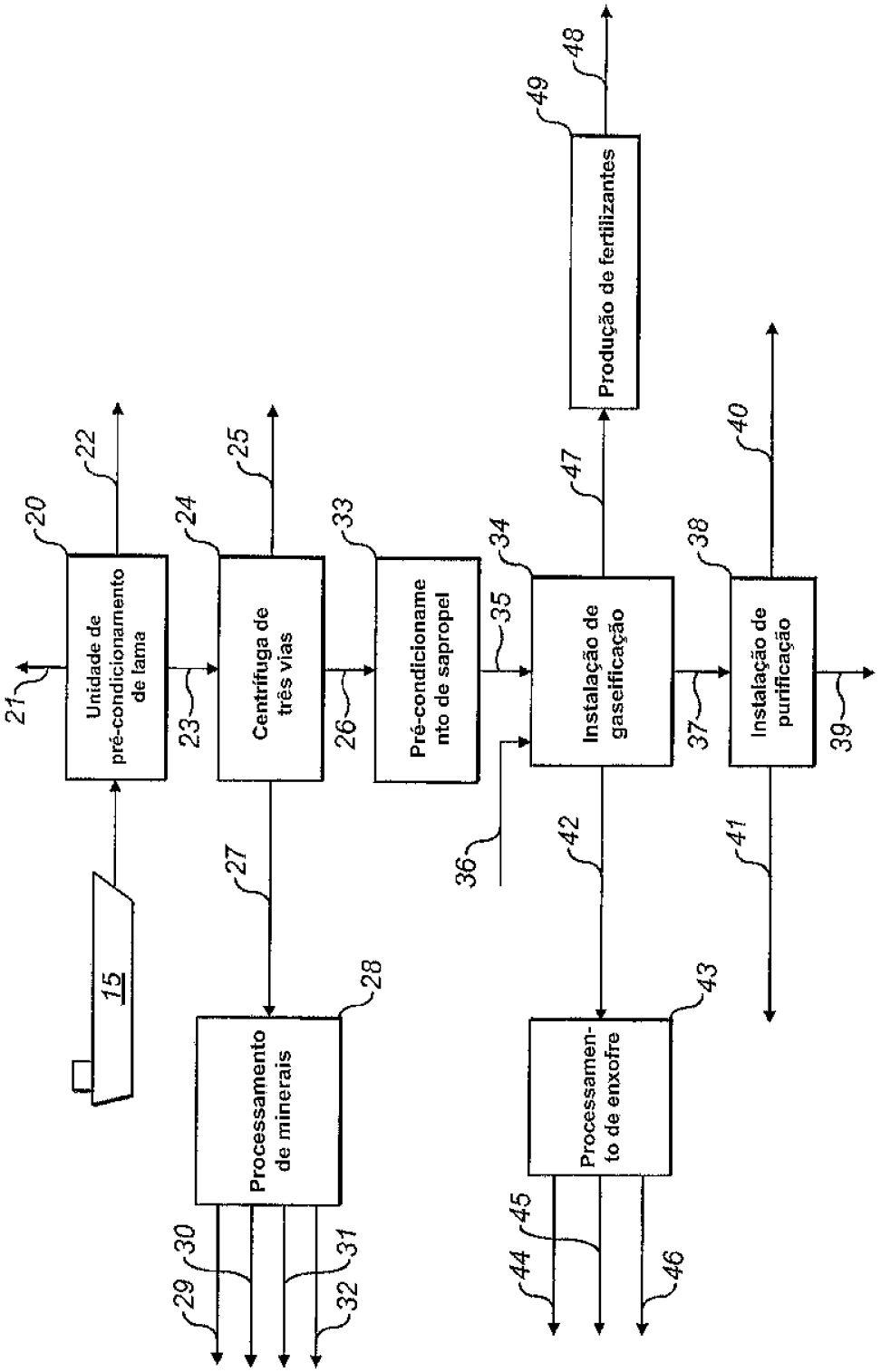

Unidade de pré-condicionamento de lama
Centrífuga de três vias
Pré-condicionamento de sapropel
Instalação de gaseificação
Instalação de purificação
Produção de fertilizantes
Processamento de minerais
Processamento de enxofre
15
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49

FIG. 2