



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) **PI 1004399-3 A2**



(22) Data de Depósito: 09/07/2010
(43) Data da Publicação: 04/12/2012
(RPI 2187)

(51) *Int.Cl.:*
E21B 43/24
B01D 53/14
F23J 15/00

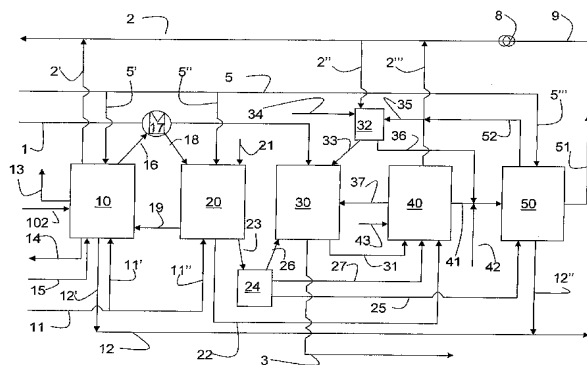
(54) **Título:** MÉTODO E INSTALAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DE AREIA OLEAGINOSA DE COMBUSTÍVEL CARBONÁCEO

(30) **Prioridade Unionista:** 11/07/2009 NO 200902625

(73) **Titular(es):** Sargas AS

(72) **Inventor(es):** Borseth, Knut, Christensen, Tor, Fleischer, Henrik

(57) **Resumo:** MÉTODO E INSTALAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DE AREIA OLEAGINOSA DE COMBUSTÍVEL CARBONÁCEO. A presente invenção está correlacionada a uma instalação para geração de vapor, para recuperação de areia oleaginosa de combustível carbonáceo, com a captura de CO₂ do gás de exaustão, compreendendo serpentinas de aquecimento (105, 105', 105'') dispostas em uma câmara de combustão (101) para resfriar os gases de combustão na câmara de combustão, para produzir vapor e vapor superaquecido nas serpentinas de aquecimento, linhas de retirada de vapor (133, 136, 145) para retirar vapor das serpentinas de aquecimento, uma linha de gás de exaustão (106) para retirada de gás de exaustão da câmara de combustão (101), onde a câmara de combustão opera a uma pressão de 5 a 15 bar, e um ou mais trocadores de calor (107, 108) que são providos para resfriamento do gás de combustão na linha (106), um dispositivo de contato (113), onde o gás de combustão resfriado é trazido em fluxo em contracorrente com um absorvente pobre em CO₂ para proporcionar um absorvente rico e um gás de combustão exaurido de CO₂, linhas de retirada (114, 115) para retirada do absorvente rico e do gás de combustão exaurido de CO₂, respectivamente, do dispositivo de contato, a linha (115) para retirada do gás de combustão exaurido de CO₂ sendo conectada aos trocadores de calor (107, 108) para aquecimento do gás de combustão exaurido de CO₂, e em que o absorvente rico é regenerado em um regenerador de absorvente (116), o absorvente pobre regenerado sendo reciclado para o absorvedor (113) e uma linha de retirada de gás (121) sendo conectada ao absorvedor para retirada de CO₂ e vapor do regenerador (116).



**"MÉTODO E INSTALAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DE AREIA OLEAGINOSA
DE COMBUSTÍVEL CARBONÁCEO"**

Campo Técnico da Invenção

5 A presente invenção se refere a um método e instalação para recuperação de areia oleaginosa, melhoria de qualidade de óleo pesado e produção de energia com emissão de CO₂ significativamente reduzida, quando comparada com as soluções apresentadas pelo estado da técnica.

10

Antecedentes da Invenção

 A demanda ou necessidade global de petróleo está aumentando, ao mesmo tempo em que fontes de petróleo facilmente recuperáveis se tornam recuperadas. A areia
15 oleaginosa é um recurso que foi explorado por algum tempo, porém, a exploração desse recurso apresenta aspectos ambientais negativos, além de serem relativamente dispendiosos.

 As areias oleaginosas, também conhecidas como
20 areias alcatroadas ou óleo pesado extra, constituem um tipo de depósito de betume que é encontrado em uma mistura de areia e/ou argila e água. A recuperação, processamento e melhoria da mistura para se obter um petróleo comercial demandam o uso de energia, com resultado de alta emissão de
25 CO₂. Isto tem causado preocupações ambientais correlacionadas a essa exploração.

 A areia oleaginosa é recuperada através de mineração aberta ou mediante perfuração em um campo de petróleo, com retirada do betume da estrutura subterrânea.
30 A escolha do método depende de diversos fatores, tais como, da estrutura em questão e da disponibilidade do campo. A recuperação de betume da areia oleaginosa em uma estrutura subterrânea mediante perfuração da estrutura e recuperação do betume através de poços de petróleo, normalmente, exige

o aquecimento da estrutura, na medida em que a viscosidade do betume sob as temperaturas nas estruturas exige medidas para sua diminuição, como, por exemplo, aquecimento ou extração por solvente.

5 Os métodos conhecidos para aquecimento de um reservatório de areia oleaginosa incluem:

- Injeção de ar pela técnica Tailandesa® (Toe-to-heel), onde o ar é injetado dentro de um poço de injeção, o betume entra em ignição para criar um poço vertical de combustão, 10 direcionando os componentes mais leves do betume na direção de um poço de produção;
- Estimulação cíclica por vapor, em que vapor sob temperatura de 300 a 400°C é injetado dentro de um poço ou de uma pluralidade de poços, por um período de semanas a 15 meses, para elevar a temperatura na estrutura. Depois de permitir que o poço seja sedimentado por um período de dias a semanas, o petróleo é produzido. Quando a produção cai abaixo de um limite estabelecido, a injeção de vapor é é iniciada novamente;
- 20 - Drenagem gravitacional auxiliada por vapor, onde grupos de poços horizontais são perfurados nas areias oleaginosas, um primeiro grupo é perfurado no fundo da formação e o segundo grupo cerca de 5 metros acima do primeiro. O vapor é injetado no segundo grupo de poços, fundindo o betume que 25 flui para o primeiro grupo de poços, sendo então bombeado para a superfície;
- Estimulação termoelétrica (ver, por exemplo, a Patente U.S. No. 6.596.142), onde uma pluralidade de eletrodos é 30 eletricamente e o calor é transferido dentro do reservatório por meio de convecção e condução. O betume fundido é então deixado circular dentro dos poços de produção, sendo então bombeado para a superfície.

Preferivelmente, água é simultaneamente injetada com o meio de aquecimento para aumentar mais ainda a produção do poço;

- Adicionalmente, um método que combina injeção de vapor com aquecimento elétrico de um reservatório é conhecido do documento de patente WO 2007/050445.

O método conhecido como técnica Tailandesa® (*Toe-to-heel*) é de difícil controle e não é adequado para todos os tipos de formações. Além disso, a combustão produz e emite CO₂ para o ambiente.

- Os métodos para aquecimento da formação são todos métodos consumidores de energia, onde gás natural, óleo e/ou carvão entram em combustão para produzir vapor e/ou energia elétrica, uma atividade que provoca emissão de CO₂ a partir da produção de petróleo em um inaceitável alto nível. Em diversas jurisdições, a importação de petróleo produzido a partir de areias oleaginosas é proibida por tal razão e se espera que as leis e regulamentações nesse contexto sejam introduzidas em muitos países no mundo, devido ao comprometimento do CO₂ no chamado efeito estufa.

Resumo da Invenção

De acordo com um primeiro aspecto, a presente invenção se refere a uma instalação para geração de vapor para recuperação de areia oleaginosa de combustível carbonáceo, com captura de CO₂ do gás de exaustão, a referida instalação compreendendo:

- linha(s) de combustível, para introdução de combustível dentro de uma câmara de combustão;
- linhas de ar, para introdução de ar ou outro gás contendo oxigênio dentro da câmara de combustão;
- serpentinas de aquecimento dispostas na câmara de combustão, para resfriar os gases de combustão na câmara de

- combustão, para produzir vapor e vapor superaquecido nas serpentinas de aquecimento;
- linhas de retirada de vapor, para retirada de vapor das serpentinas de aquecimento;
- 5 - uma linha de gás de exaustão, para retirada de gás de exaustão da câmara de combustão;
- em que a instalação compreende ainda:
- um ou mais compressores, para comprimir o ar ou gás contendo oxigênio a ser introduzido na câmara de combustão,
- 10 operando a uma pressão de 5 a 15 bar;
- um ou mais trocadores de calor, para resfriamento do gás de combustão na linha;
 - um dispositivo de contato, onde o gás de combustão resfriado é trazido em fluxo contracorrente com um
- 15 absorvente pobre em CO_2 , para proporcionar um absorvente rico e um gás de combustão exaurido de CO_2 ;
- linhas de retirada, para retirada do absorvente rico e do gás de combustão exaurido de CO_2 , respectivamente, do dispositivo de contato, a linha para retirada do gás de
- 20 combustão exaurido de CO_2 sendo conectada a trocadores de calor, para aquecimento do gás de combustão exaurido de CO_2 ;
- uma ou mais turbinas, para expansão do gás de combustão exaurido de CO_2 após o aquecimento;
- 25 - uma linha de gás de combustão, para liberação do gás de combustão expandido e exaurido de CO_2 para o ambiente;
- um regenerador de absorvente, no qual o absorvente rico é regenerado;
 - uma linha de absorvente pobre, para reciclagem do
- 30 absorvente regenerado para o absorvedor;
- uma linha de retirada de gás, conectada ao absorvedor para retirada de CO_2 e vapor do regenerador; e
 - uma linha de vapor, para introdução de vapor dentro de um reservatório de areia oleaginosa.

De acordo com uma primeira modalidade, um ou mais trocadores de calor é/são disposto(s) nas linhas de vapor, onde uma linha de água é disposta para introduzir água dentro do trocador de calor e a linha de vapor é disposta para retirar vapor do trocador de calor.

De acordo com uma segunda modalidade, uma ou mais turbinas a vapor é/são disposta(s), para expansão do vapor das linhas, para geração de energia elétrica.

De acordo com uma terceira modalidade, a instalação compreende ainda uma unidade de melhoria de qualidade de óleo pesado, para melhorar a qualidade do óleo pesado produzido a partir das areias oleaginosas.

De acordo com uma quarta modalidade, a instalação compreende ainda um gaseificador, para gaseificação de carvão, uma linha de carvão, para retirada do carvão produzido, uma linha de retirada de gás, para retirada do gás produzido no gaseificador, a linha de retirada de gás sendo conectada a um separador, para separação dos produtos gaseificados, uma linha de hidrocarbonetos pesados, para retirada de uma fração de hidrocarbonetos pesados dos produtos gaseificados, uma linha de gás, para retirada de um gás que compreende, principalmente, metano e CO, e uma linha de hidrogênio, para retirada de hidrogênio do separador e introdução do hidrogênio na unidade de melhoria de qualidade.

De acordo com uma quinta modalidade, a instalação compreende ainda uma unidade de produção de energia acionada por carvão e gás, para produzir energia térmica e energia elétrica, a instalação compreendendo uma linha de gás de exaustão, para retirada de gás de exaustão da unidade de produção de energia, e para introdução do gás de exaustão na forma de um gás contendo oxigênio dentro de uma unidade de produção de energia, com redução de CO₂.

De acordo com uma sexta modalidade, a linha de

gás de exaustão é conectada a uma adicional unidade de produção de energia acionada por gás, com captura de CO₂, para introdução do gás de exaustão na forma de um gás contendo oxigênio na unidade de produção de energia.

5 De acordo com um segundo aspecto, a presente invenção se refere a um sistema para produção de petróleo a partir de um campo de areias oleaginosas, onde são providos poços de injeção de vapor, poços de produção e eletrodos no campo de gás de petróleo, onde o sistema inclui uma
10 instalação conforme descrito acima.

Breve Descrição das Figuras

- A figura 1 é um exemplo de fluxograma para uma instalação de acordo com a invenção;
- 15 - A figura 2 é um fluxograma que ilustra uma parte de uma unidade de produção de energia de uma instalação de acordo com a figura 1;
- A figura 3 é uma ilustração de uma modalidade alternativa de uma parte da unidade de produção de energia, conforme
20 ilustrado na figura 2;
- A figura 4 é uma segunda modalidade alternativa de uma parte da unidade de produção de energia, conforme ilustrado na figura 2;
- A figura 5 é um fluxograma de uma modalidade alternativa
25 da instalação de acordo com a presente invenção; e
- A figura 6 é uma segunda modalidade alternativa da instalação de acordo com a presente invenção.

Descrição Detalhada da Invenção

30 A figura 1 representa uma ilustração de uma instalação de acordo com a presente invenção.

Uma unidade de produção de energia (10), preferivelmente, uma instalação com redução de emissão de CO₂, substancialmente de acordo com o documento de patente

WO 2004/001301, concedido a Sargas AS, é provida para produção de eletricidade, vapor e prover calor para processos consumidores de calor. A figura 2 é uma vista simplificada de uma unidade de produção de energia desse tipo.

A unidade de produção de energia (10) pode ser acionada por meio de qualquer combustível carbonáceo adequado, tal como, carvão, gás natural ou óleo, ou qualquer combinação destes, dependendo do preço local e da disponibilidade existente. O carvão é introduzido na unidade de produção de energia (10) através de uma linha de carvão (11, 11'). O carvão é moído e misturado com água e, opcionalmente, com areia oleaginosa, a qual é introduzida através de uma linha de areia oleaginosa (15) em uma pasta fluida ou lama, que é então bombeada para uma câmara de combustão pressurizada (101) e que entra em combustão, preferivelmente, em um leito fluidizado pressurizado, juntamente com ar. O ar é introduzido através de uma entrada de ar (102), sendo comprimido por meio de um ou mais compressores (103, 103'), antes de ser introduzido na câmara de combustão através de uma linha de ar (104). O carvão pode ser substituído ou suplementado por gás natural, introduzido através da linha (5, 5').

A temperatura na câmara de combustão foi reduzida por meio da produção de vapor e superaquecimento de vapor em feixes de tubos (105, 105', 105''), respectivamente, os quais são dispostos na câmara de combustão (101).

O gás de combustão da câmara de combustão (101) é retirado através de uma linha de gás de exaustão (106), sendo resfriado em trocadores de calor (107, 108) e, opcionalmente, por um ou mais meios de resfriamento (109). A água condensada no gás de combustão resfriado é removida em um tanque de vaporização instantânea (*flash*) (110) e retirada através de uma linha de água (111).

O gás de exaustão resfriado que deixa o tanque de vaporização instantânea (110) é retirado através de uma linha (112), a partir da qual é introduzido em um absorvedor (113), sendo obrigado a circular em
5 contracorrente com um absorvente líquido de CO_2 , para proporcionar um absorvente rico em CO_2 , o qual é carregado com o CO_2 retirado através de uma linha de saída do absorvedor (114) e com um gás de exaustão exaurido de CO_2 que é retirado através de uma linha de gás de combustão
10 (115).

O absorvente rico na linha (114) é introduzido em uma coluna de regeneração (116), onde é obrigado a circular em contracorrente com o vapor gerado em uma caldeira de recozimento (117), mediante ebulição de uma parte do
15 absorvente pobre ou de baixo teor de CO_2 , que é retirado do fundo do dispositivo de regeneração, em uma linha de retirada de absorvente pobre (118). O absorvente pobre é retirado do fundo da coluna de regeneração através de uma linha (120), sendo então reciclado para o absorvedor (113).
20 Um trocador de calor (119) é, preferivelmente, proporcionado para resfriar o absorvente pobre na linha (120) contra o absorvente rico na linha (114), antes do absorvente rico ser introduzido dentro da coluna de regeneração.

25 O CO_2 e o vapor d'água liberados são retirados da coluna de regeneração através de uma linha de retirada de gás (121). O gás na linha de retirada de gás (121) é resfriado por meio de um dispositivo de resfriamento (122) e o gás e a água são separados em um tanque de separação
30 (123), onde a água é coletada no fundo do tanque e retirada através de uma linha (124), para ser novamente introduzida no processo, por exemplo, conforme indicado na figura mediante a introdução da água na coluna de regeneração para manter o equilíbrio de água no sistema. A fase gasosa no

tanque de separação (123) sendo de CO₂ parcialmente seco é retirada através de uma linha de gás (125) e ainda tratada, principalmente por compressão e resfriamento, conforme indicado pelo compressor (126) e dispositivo de resfriamento (127). O CO₂ resfriado e comprimido é exportado da unidade de produção de energia (10) através de uma linha de CO₂ (12', 12), para ser então exportado da instalação, para deposição ou aumento da recuperação de óleo (EOR).

10 A água da linha (111) é preferivelmente inserida dentro do gás de combustão exaurido de CO₂, o qual foi retirado através da linha (115), e o gás é reaquecido nos trocadores de calor (108, 107), contra o gás de exaustão de chegada na linha (106). O gás de combustão exaurido de CO₂ reaquecido é expandido em uma ou mais turbinas (130, 130'), antes de o gás expandido ser liberado para o ambiente, através de uma linha de saída (131). A(s) turbina(s) (130, 130') pode(m) ser disposta(s) para operar os compressores (130, 130') e pode(m), adicionalmente ou alternativamente, ser(em) conectada(s) a um gerador para produção de energia elétrica.

A água é introduzida através de uma linha de injeção de água dentro do feixe de tubos (105) na câmara de combustão (101) para produzir vapor, que é retirado através de uma linha de vapor (133) e é expandido mediante a turbina (134). O vapor expandido da turbina (134) é retirado através de uma linha (135) e introduzido dentro do feixe de tubos (105), onde o vapor na linha (135) é aquecido para produzir vapor superaquecido, que é retirado através da linha de vapor superaquecido (136) e introduzido e expandido em uma turbina (137).

O vapor expandido da turbina (137) é retirado através de uma linha de vapor (138) e introduzido dentro de uma turbina de baixa pressão (139) e aí expandido. As

turbinas (134, 137, 139) podem ser dispostas sobre um eixo comum (140) para produzir energia elétrica em um gerador (141), disposto no mesmo eixo. A energia elétrica produzida no gerador (141) e qualquer outra energia elétrica gerada na unidade de produção de energia (10) é exportada da unidade de produção de energia (10) através da linha (2, 2'), conforme será descrito abaixo.

O feixe de tubos (105'') é conectado a um ciclo de vapor (145), de dentro do qual o vapor é retirado e introduzido dentro de um trocador de calor (142). Água é introduzida dentro do trocador de calor (142) através de uma linha de entrada de água (143). A água introduzida é vaporizada no trocador de calor (142) contra o vapor no ciclo de vapor (145) e o vapor produzido no trocador de calor (142) é retirado através da linha de vapor (14), conforme descrito com referência à figura 1. O vapor resfriado/água condensada no ciclo de vapor (145) é depois novamente introduzida dentro do feixe de tubos (105''). É possível se introduzir a água da linha (143) diretamente dentro do feixe de tubos (105''), para evitar o ciclo de vapor (145) e o trocador de calor (142) e conectar a linha (14) diretamente ao feixe de tubos (105''). As exigências quanto à pureza da água a ser introduzida dentro de um feixe de tubos em uma caldeira são, entretanto, severas, de modo a que sejam evitadas deposições e corrosão nos tubos. Portanto, um sistema de aquecimento indireto, compreendendo um ciclo fechado de água/vapor conectado a um trocador de calor, é preferido.

Dependendo da exigência relativa de energia elétrica e vapor para o aumento de recuperação de óleo (EOR), as serpentinas tubulares (105, 105', 105'') podem ser dimensionadas ou operadas para atender diferentes necessidades. Numa primeira modalidade mostrada na figura 2, vapor e vapor superaquecido são produzidos nas

serpentina tubular (105, 105'), respectivamente, cujo vapor é expandido nas turbinas a vapor (134, 137, 139), para geração de energia, conforme descrito acima. O vapor para o aumento de recuperação de óleo (EOR) é gerado
5 conforme descrito acima, pela geração de vapor na serpentina tubular (105''), para aquecimento da água e geração de vapor no trocador de calor (142). O vapor para o aumento de recuperação de óleo (EOR) é retirado através da linha (14).

10 Numa segunda modalidade, conforme ilustrado na figura 3, os feixes de tubos (105, 105') são omitidos e totalmente substituídos pelo feixe de tubos (105''), de modo que toda a produção de vapor na caldeira é produzida nas serpentinas tubulares (105'') e usada para o aumento de
15 recuperação de óleo (EOR).

A figura 4 ilustra uma terceira modalidade, em que a serpentina tubular (105') é omitida.

A figura 4 ilustra uma terceira modalidade, na qual a serpentina tubular (105') é omitida. Ambas as
20 serpentinas tubulares (105) e (105'') podem ser dimensionadas individualmente para resfriar os gases de combustão, na câmara de combustão, para a temperatura exigida, de modo que a instalação possa ser operada em diferentes modos, um modo normal, onde são produzidos
25 energia elétrica e vapor para o procedimento de aumento de recuperação de óleo (EOR) e modos alternativos, onde todo o vapor gerado nas serpentinas tubulares é produzido em cada das serpentinas tubulares (105) ou (105''), o que irá resultar na produção de somente energia elétrica ou somente
30 vapor para o procedimento de EOR.

Qualquer energia elétrica gerada pela unidade de produção de energia (10) é retirada através das linhas (2, 2'), para ser usada na instalação (1) ou para ser exportada. A energia elétrica na linha (2) pode ser usada

como um suplemento de alternativa para injeção de vapor, para promover a produção de betume, por meio de eletrodos inseridos dentro do campo de areia oleaginosa.

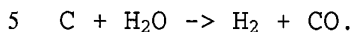
O calor de baixa temperatura proveniente da
5 unidade de produção de energia, por exemplo, de quaisquer dos dispositivos de resfriamento, como o dispositivo de resfriamento (144) provido na linha (132), pode ser retirado através de uma linha (16) e ser usado em um trocador de calor (17) para aquecimento do betume de
10 chegada na linha (1), para reduzir a viscosidade do mesmo. O especialista versado na técnica, entretanto, irá entender que o calor proveniente de diversos dispositivos de resfriamento pode ser combinado na linha (16). A água que retorna do trocador de calor é retirada em uma linha (18)
15 de volta para a unidade de produção de energia (10), por exemplo, através de um gaseificador (20), onde o calor restante na água pode ser usado para preaquecer o carvão de chegada para ser gaseificado, antes de a água ser retornada para a unidade de produção de energia (10), através de uma
20 linha (19).

O gaseificador (20) é provido para gaseificar carvão. O carvão é introduzido dentro do gaseificador (20) através da linha de carvão (11, 11'') e, conforme mencionado acima, o carvão de chegada pode ser preaquecido
25 por meio de vapor ou retorno da água dos trocadores de calor. O gás é introduzido dentro do gaseificador para aquecer o carvão em um reator de gaseificação, a uma temperatura, tipicamente, acima de 700°C. Diferentes processos podem ocorrer no gaseificador:

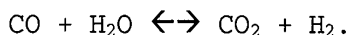
30 - pirólise (ou desvolatilização) que ocorre como resultado do aquecimento das partículas de carvão. Durante a pirólise, os materiais voláteis na forma de hidrocarbonetos pesados (HC), hidrogênio e hidrocarbonetos mais leves, principalmente, metano, são liberados, deixando o carvão na

forma de um material sólido. Os materiais voláteis podem constituir até 70% do peso do carvão.

- gaseificação, mediante reação com água para produzir hidrogênio e monóxido de carbono, conforme a reação:



- reação com desvio de água, sendo uma reação reversível que pode aumentar a produção de hidrogênio de acordo com a seguinte reação:



10 Além disso, a combustão parcial por meio da adição de uma quantidade controlada de oxigênio pode ser incluída para proporcionar calor para o processo de gaseificação.

A água pode ser introduzida dentro do
15 gaseificador (20) através de uma linha de água (21), para aumentar a produção de hidrogênio no gaseificador, se exigido ou preferido.

O carvão do gaseificador é retirado através de uma linha de carvão (22). Os voláteis são removidos através
20 de uma linha de voláteis (23) e introduzidos em um separador (24). No separador (24), os hidrocarbonetos pesados (HC) são separados dos voláteis restantes mediante condensação e retirados através de uma linha de hidrocarbonetos pesados (25). O hidrogênio é separado da
25 fase gasosa restante no separador (24) por meio de qualquer tecnologia de separação conveniente, como, por exemplo, separação por membranas ou separação por oscilação de pressão. O hidrogênio é retirado através de uma linha de hidrogênio (26) e liberado para a unidade de melhoria de
30 qualidade (30), enquanto a fase gasosa restante, compreendendo, principalmente, metano e CO, é retirada através de uma linha de gás (27).

O vapor na linha acima mencionada (14) é introduzido dentro de um reservatório de areia oleaginosa

(não mostrado) para produzir betume a partir de tal reservatório. O betume produzido é retirado do reservatório através da linha de betume (1) e, opcionalmente, aquecido no trocador de calor (17), antes de o betume ser introduzido
5 dentro de uma unidade de melhoria de qualidade (30).

Na unidade de melhoria de qualidade, o betume é tratado de uma maneira convencional mediante remoção de água, areia, resíduos físicos e produtos mais leves, por purificação catalítica para remoção de metais, nitrogênio e
10 enxofre e craqueamento ou corte de longas cadeias de hidrocarbonetos para produzir cadeias de hidrocarbonetos mais curtas, para substancialmente reduzir a viscosidade da mistura resultante de hidrocarbonetos.

Os metais, enxofre e nitrogênio que são ligados a
15 hidrocarbonetos no betume são removidos através de processos de hidrogenação. A remoção do enxofre e nitrogênio é tipicamente realizada em um reator, na presença de um catalisador metálico sob uma elevada temperatura, tal como, por exemplo, 300 a 400°C, e sob uma
20 elevada pressão, como, por exemplo, de 30 a 130 bar, de modo a produzir um produto de hidrocarboneto dessulfurizado e/ou desnitrógeno, e H_2S e/ou NH_3 que são separados do produto.

Os hidrocarbonetos pesados são craqueados ou
25 cortados em cadeias de hidrocarbonetos mais curtas, mediante hidrodraqueamento, que é um processo de craqueamento catalítico sob uma elevada pressão de hidrogênio, para proporcionar hidrocarbonetos mais leves e substancialmente saturados, que são adequados para a
30 demanda de gasolina, diesel, querosene, etc.

O hidrogênio para a unidade de melhoria de qualidade é adicionado a esta através de uma linha de hidrogênio (26). Uma adicional linha de hidrogênio (33), que recebe hidrogênio de uma unidade eletrolítica (32),

pode ser proporcionada se uma quantidade adicional de hidrogênio for exigida. A unidade eletrolítica (32) separa a água introduzida através de uma linha de água eletrolítica (34) por meio de energia elétrica recebida
5 através de uma linha de energia (2''), que recebe energia da linha (2). O hidrogênio é retirado através da linha (33) e introduzido na unidade de melhoria de qualidade, enquanto o oxigênio é retirado através da linha de oxigênio (36).

O calor para a melhoria de qualidade do betume é
10 recebido através da linha (37), preferivelmente, na forma de vapor. O vapor na linha (37) é gerado em uma unidade de produção de energia (40) acionada, principalmente, por hidrocarbonetos mais pesados, que deixam a unidade de melhoria de qualidade na linha (31), por coque gerado no
15 gaseificador (20), que é levado na linha (22), do gaseificador para a unidade de produção de energia (40), e por hidrocarbonetos mais pesados na linha (27), que são separados dos voláteis no separador (24).

O óleo resultante da melhoria de qualidade do
20 betume é retirado da instalação através de uma linha de produto (3) para exportar da instalação.

A unidade de produção de energia (40) é uma unidade de produção de energia térmica, que pode usar coque como combustível e hidrocarbonetos mais pesados para
25 produzir vapor, o qual é retirado na linha (37), e energia elétrica, a qual é retirada através da linha (2''') e liberada para a linha (2) para uso na instalação ou para ser exportada. O ar é introduzido na unidade de produção de energia (40) através de uma linha de ar (43).

30 O gás de exaustão da unidade de produção de energia (40) é retirado através de uma linha de exaustão (41) e misturado com o ar em uma linha de ar (42) e, opcionalmente, com o oxigênio proveniente da linha (36), antes de ser introduzido numa unidade de produção de

energia (50) com redução de CO₂ como gás contendo oxigênio. A unidade de produção de energia (50), preferivelmente, é uma instalação substancialmente conforme descrito com referência à figura 2. O combustível em uso na unidade de
5 produção de energia (50) é, principalmente, metano e CO, provenientes do separador (24) através da linha (25) e gás natural introduzido através da linha (5'''), mas, dentro da câmara de combustão (101). O CO₂ é retirado através da linha (12'') e combinado com o CO₂ na linha (12) para
10 deposição ou procedimento de EOR. O gás de combustão exaurido de CO₂ e expandido é liberado para o ambiente através de uma linha de gás de combustão (51), enquanto a energia elétrica é retirada através da linha (52) e combinada com a energia elétrica na linha (2''', 2).

15 A energia elétrica na linha (2) é usada para diferentes finalidades na instalação, para promover a produção de betume e o excesso de energia elétrica pode ser liberado para a grade (9) através de um transformador (8).

A figura 5 ilustra uma modalidade alternativa da
20 presente invenção onde unidades de produção de energia (10) e (50) são combinadas em uma unidade de produção de energia (10). A linha de exaustão (41) proveniente da unidade de produção de energia (40) e a linha de oxigênio (36) são aqui dispostas para liberar o gás de exaustão da unidade de
25 produção de energia (40) e o oxigênio da unidade de eletrólise (32), respectivamente, para a unidade de produção de energia (10), para serem misturados com o ar introduzido através da entrada de ar (102), na forma de gás contendo oxigênio, para a combustão na câmara de combustão
30 (101). Nessa modalidade, o gás natural constitui toda ou a maioria do combustível para a unidade de produção de energia (10). Além disso, a unidade de produção de energia (10) deve ser dimensionada para manipular a capacidade das unidades de produção de energia (10) e (50).

A figura 6 ilustra ainda outra modalidade alternativa da presente instalação, incluindo uma unidade de produção de energia (10) com captura de CO₂, um gaseificador (20) e uma unidade de melhoria de qualidade (20). Nessa modalidade, o gaseificador é operado de modo a que o carbono no carvão seja gaseificado de acordo com a fórmula:



O hidrogênio gerado pode reagir novamente com a adicional quantidade de água, de acordo com acima mencionada reação de desvio de água, de modo a proporcionar CO₂ e hidrogênio adicional. A energia necessária das reações no gaseificador pode ser solucionada mediante a introdução de alguma quantidade de gás contendo oxigênio, o que irá resultar numa oxidação parcial do carbono, numa reação exotérmica.

Quando o gaseificador é operado para proporcionar somente produtos gasosos, não existe necessidade de uma unidade de produção de energia acionada por carvão. Qualquer demanda de calor em qualquer parte da instalação pode ser solucionada pela integração de calor, isto é, transferência de calor de uma localização, onde o resfriamento é necessário para aquecer uma parte de exigência de calor da instalação, ou para tomar uma parte do vapor na linha (14) e introduzir esse vapor dentro de um processo de exigência de calor.

O hidrogênio da unidade de separação (24) é introduzido dentro da unidade de melhoria de qualidade, conforme descrito acima, e o gás restante da unidade de separação é retirado através das linhas (27, 25), respectivamente, e introduzido dentro da unidade de produção de energia (10) como gás de combustível, juntamente com hidrocarbonetos pesados retirados da unidade de melhoria de qualidade através da linha (31).

REIVINDICAÇÕES

1. Instalação para geração de vapor para recuperação de areia oleaginosa de combustível carbonáceo, com captura de CO₂ do gás de exaustão, a instalação compreendendo:

- linha(s) de combustível (5', 11'), para introdução de combustível dentro de uma câmara de combustão (101);
- linhas de ar (102, 104), para introdução de ar ou outro gás contendo oxigênio dentro da câmara de combustão;
- serpentinas de aquecimento (105, 105', 105''), dispostas na câmara de combustão (101) para resfriar os gases de combustão na câmara de combustão, para produzir vapor e vapor superaquecido nas serpentinas de aquecimento;
- linhas de retirada de vapor (133, 136, 145), para retirada de vapor das serpentinas de aquecimento;
- uma linha de gás de exaustão (106), para retirada de gás de exaustão da câmara de combustão (101);

caracterizada pelo fato de que a instalação compreende ainda:

- um ou mais compressores (103, 103'), para comprimir o ar ou gás contendo oxigênio a ser introduzido na câmara de combustão, operando a uma pressão de 5 a 15 bar;
- um ou mais trocadores de calor (107, 108), para resfriamento do gás de combustão na linha (106);
- um dispositivo de contato (113), onde o gás de combustão resfriado é trazido em fluxo contracorrente com um absorvente pobre em CO₂, para proporcionar um absorvente rico e um gás de combustão exaurido de CO₂;
- linhas de retirada (114, 115), para retirada do absorvente rico e do gás de combustão exaurido de CO₂, respectivamente, do dispositivo de contato, a linha (115) para retirada do gás de combustão exaurido de CO₂ sendo

- conectada a trocadores de calor (107, 108) para aquecimento do gás de combustão exaurido de CO₂;
- uma ou mais turbinas (130, 130'), para expansão do gás de combustão exaurido de CO₂ após o aquecimento;
 - 5 - uma linha de gás de combustão (13), para liberação do gás de combustão expandido e exaurido de CO₂ para o ambiente;
 - um regenerador de absorvente (116), no qual o absorvente rico é regenerado;
 - uma linha de absorvente pobre (120), para reciclagem do
 - 10 absorvente regenerado para o absorvedor (113);
 - uma linha de retirada de gás (121), conectada ao absorvedor para retirada de CO₂ e vapor do regenerador (116); e
 - uma linha de vapor (14), para introdução de vapor dentro
 - 15 de um reservatório de areia oleaginosa.

2. Instalação, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** pelo fato de que um ou mais trocadores de calor (142) é/são disposto(s) nas linhas de vapor (133, 136, 145), onde uma linha de água (143) é disposta para

20 introduzir água dentro do trocador de calor (142) e a linha de vapor (14) é disposta para retirar vapor do trocador de calor.

3. Instalação, de acordo com as reivindicações 1 ou 2, **caracterizada** pelo fato de que uma ou mais turbinas a vapor (134, 137, 139) é/são disposta(s), para expansão do

25 vapor das linhas (133, 136, 138), para geração de energia elétrica.

4. Instalação, de acordo com quaisquer das reivindicações anteriores, **caracterizada** pelo fato de que a

30 instalação compreende ainda uma unidade de melhoria de qualidade de óleo pesado (30), para melhorar a qualidade do óleo pesado produzido a partir das areias oleaginosas.

5. Instalação, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizada** pelo fato de que a instalação compreende

ainda um gaseificador (20), para gaseificação de carvão, uma linha de carvão (22), para retirada do carvão produzido, uma linha de retirada de gás (23), para retirada do gás produzido no gaseificador, a linha de retirada de gás sendo conectada a um separador (24), para separação dos produtos gaseificados, uma linha de hidrocarbonetos pesados (25), para retirada de uma fração de hidrocarbonetos pesados dos produtos gaseificados, uma linha de gás (27), para retirada de um gás que compreende, principalmente, metano e CO, e uma linha de hidrogênio (26), para retirada de hidrogênio do separador e introdução do hidrogênio na unidade de melhoria de qualidade (30).

6. Instalação, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizada** pelo fato de compreender ainda uma unidade de produção de energia (40) acionada por carvão e gás, para produzir energia térmica e energia elétrica, a instalação compreendendo uma linha de gás de exaustão (41), para retirada de gás de exaustão da instalação de produção de energia (40), e para introdução do gás de exaustão na forma de um gás contendo oxigênio dentro de uma instalação de produção de energia, com redução de CO₂ (10, 50).

7. Instalação, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizada** pelo fato de que a linha de gás de exaustão (41) é conectada a uma adicional instalação de produção de energia acionada por gás, com captura de CO₂ (50), para introdução do gás de exaustão na forma de um gás contendo oxigênio na instalação de produção de energia (50).

8. Sistema para produção de petróleo a partir de um campo de areias oleaginosas, onde são providos poços de injeção de vapor, poços de produção e eletrodos no campo de gás de petróleo, **caracterizado** pelo fato de que o sistema inclui uma instalação de acordo com quaisquer das reivindicações 1 a 6.



Fig. 1



Fig. 2

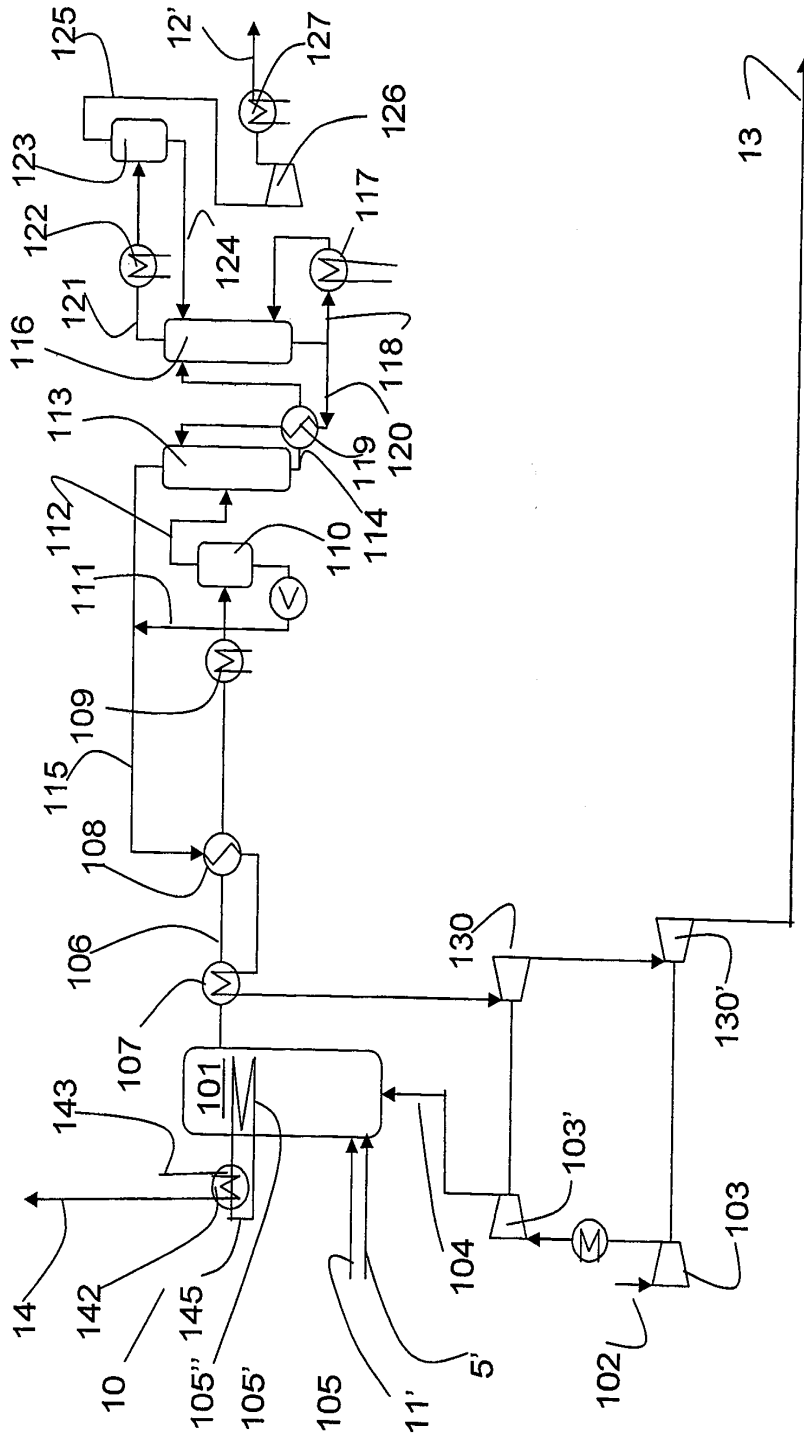


Fig. 3

Fig. 4

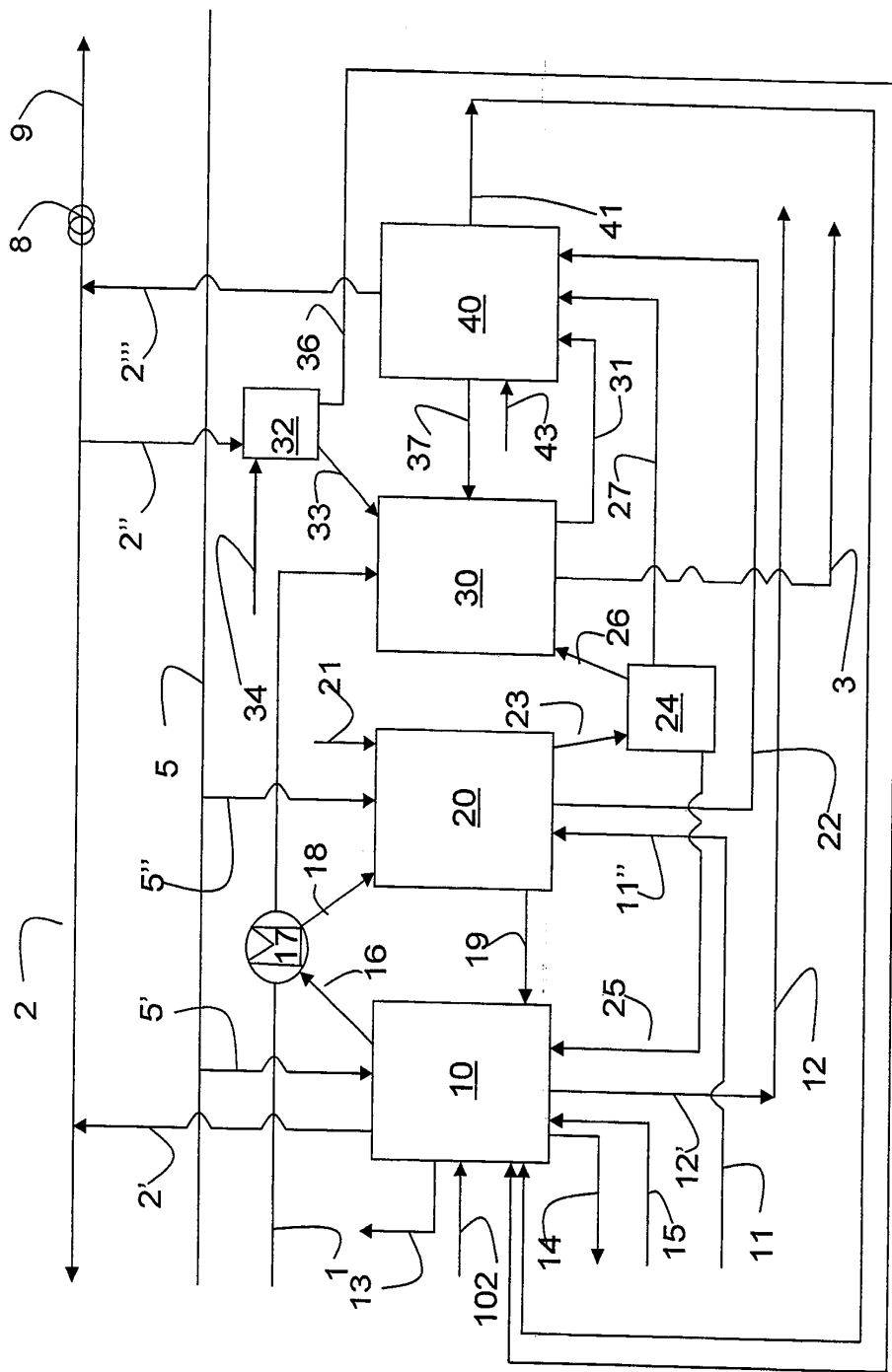


Fig. 5

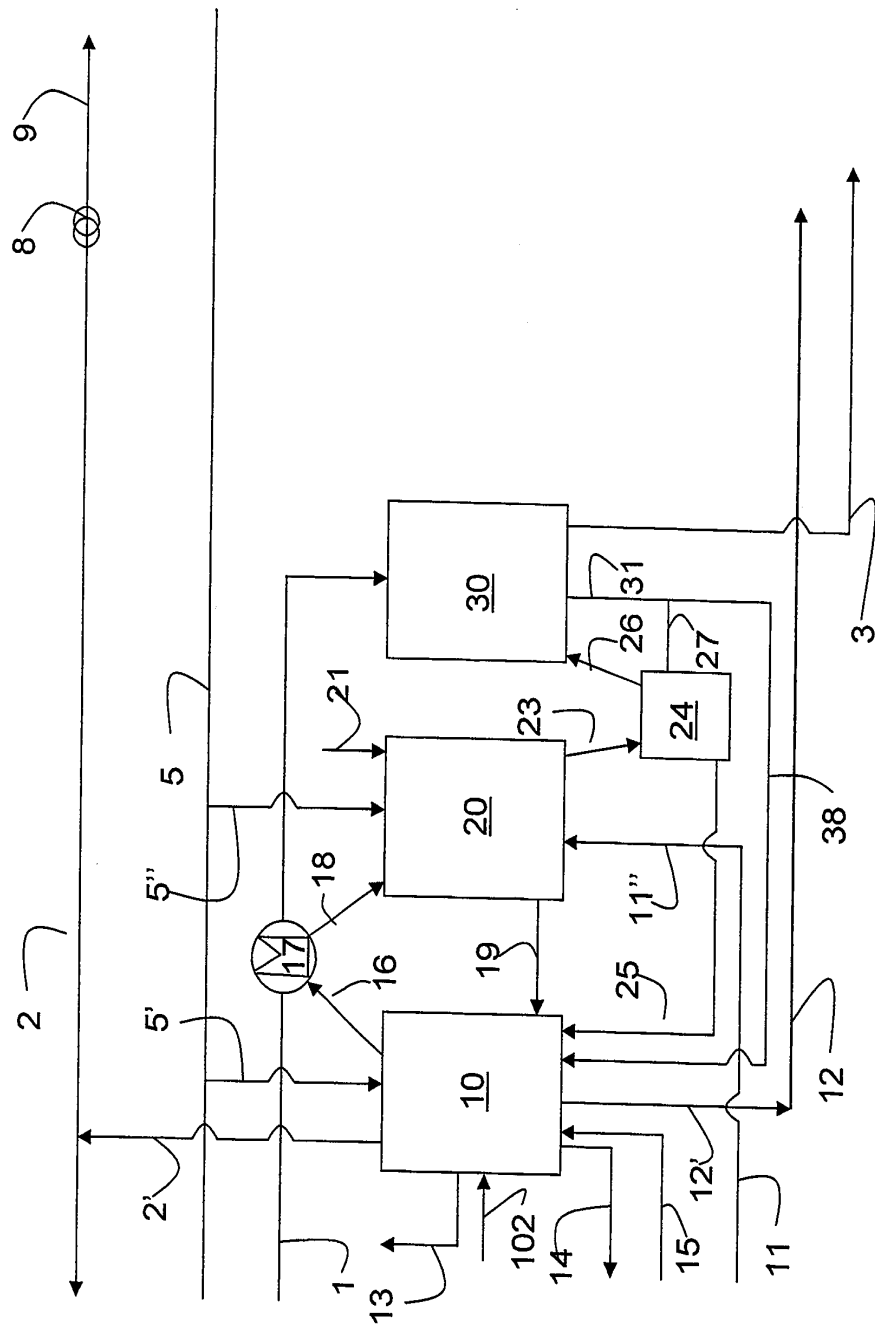


Fig. 6

RESUMO**"MÉTODO E INSTALAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DE AREIA OLEAGINOSA
DE COMBUSTÍVEL CARBONÁCEO"**

5 A presente invenção está correlacionada a uma
instalação para geração de vapor, para recuperação de areia
oleaginosa de combustível carbonáceo, com a captura de CO₂
do gás de exaustão, compreendendo serpentinas de
aquecimento (105, 105', 105'') dispostas em uma câmara de
10 combustão (101) para resfriar os gases de combustão na
câmara de combustão, para produzir vapor e vapor
superaquecido nas serpentinas de aquecimento, linhas de
retirada de vapor (133, 136, 145) para retirar vapor das
serpentinas de aquecimento, uma linha de gás de exaustão
15 (106) para retirada de gás de exaustão da câmara de
combustão (101), onde a câmara de combustão opera a uma
pressão de 5 a 15 bar, e um ou mais trocadores de calor
(107, 108) que são providos para resfriamento do gás de
combustão na linha (106), um dispositivo de contato (113),
20 onde o gás de combustão resfriado é trazido em fluxo em
contracorrente com um absorvente pobre em CO₂ para
proporcionar um absorvente rico e um gás de combustão
exaurido de CO₂, linhas de retirada (114, 115) para
retirada do absorvente rico e do gás de combustão exaurido
25 de CO₂, respectivamente, do dispositivo de contato, a linha
(115) para retirada do gás de combustão exaurido de CO₂
sendo conectada aos trocadores de calor (107, 108) para
aquecimento do gás de combustão exaurido de CO₂, e em que o
absorvente rico é regenerado em um regenerador de
30 absorvente (116), o absorvente pobre regenerado sendo
reciclado para o absorvedor (113) e uma linha de retirada
de gás (121) sendo conectada ao absorvedor para retirada de
CO₂ e vapor do regenerador (116).