



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112012025792-7 B1



(22) Data do Depósito: 27/04/2011

(45) Data de Concessão: 13/04/2021

(54) Título: INSTALAÇÃO, E, PROCESSO DE CONVERSÃO DE GÁS-EM-LÍQUIDO PARA TRATAMENTO DE GÁS NATURAL

(51) Int.Cl.: F25J 3/00; C10G 2/00; C01B 3/32.

(30) Prioridade Unionista: 30/04/2010 GB 1007196.7.

(73) Titular(es): COMPACTGTL LIMITED.

(72) Inventor(es): BOWE, MICHAEL JOSEPH; PEAT, ROBERT; WEST, DAVID JAMES; HAWKER, PHILIP.

(86) Pedido PCT: PCT GB2011050831 de 27/04/2011

(87) Publicação PCT: WO 2011/135357 de 03/11/2011

(85) Data do Início da Fase Nacional: 09/10/2012

(57) Resumo: INSTALAÇÃO, E, PROCESSO DE CONVERSÃO DE GÁS-EM-LÍQUIDO PARA TRATAMENTO DE GÁS NATURAL Um processo e uma instalação de conversão de gás-em-líquido (10) para tratamento de gás natural (5), em que o gás natural é submetido à expansão através de um limitador de fluxo (16), de modo a sofrer resfriamento através do efeito Joule Thomson, permitem que líquidos (21, 22) sejam separados da corrente de gás. O gás pode ser resfriado antes do mesmo alcançar o limitador de fluxo (16) por troca térmica com o fluido que passou através do limitador de fluxo (16). Isto diminui a proporção de hidrocarbonetos de cadeia mais longa no gás natural, o que pode simplificar o processamento subsequente e pode permitir que o tamanho da instalação seja diminuído.

“INSTALAÇÃO, E, PROCESSO DE CONVERSÃO DE GÁS-EM-LÍQUIDO PARA TRATAMENTO DE GÁS NATURAL”

A presente invenção refere-se a uma instalação e a um processo para tratamento de gás natural para produzir um produto líquido.

5 É bem conhecido que a maioria dos poços de petróleo também produz gás natural. Em muitos poços de petróleo, gás natural é produzido em quantidades relativamente pequenas junto com o petróleo. Quando as quantidades deste gás associado são suficientemente elevadas ou o poço está próximo de infraestrutura de transporte de gás pré-existente, o gás pode ser
10 transportado para uma instalação de processamento afastada do local. Quando a produção de petróleo ocorre em lugares mais remotos, é difícil introduzir o gás associado à infraestrutura existente de transporte de gás. Na ausência de tal infraestrutura, o gás associado tem sido tipicamente eliminado por queima em flares ou re-injeção. No entanto, a queima em flares não é mais uma abordagem
15 aceitável ambientalmente, enquanto que a re-injeção pode ter um impacto negativo sobre a qualidade da produção de petróleo a partir do campo.

A tecnologia de conversão de gás-em-líquido pode ser usada para converter o gás natural em hidrocarbonetos líquidos e pode seguir uma abordagem em dois estágios para a produção de líquido a partir de
20 hidrocarbonetos compreendendo a geração de gás de síntese, seguida por síntese de Fischer-Tropsch. Em geral, gás de síntese (uma mistura de hidrogênio e monóxido de carbono) pode ser gerado por uma ou mais dentre oxidação parcial, reforma autotérmica, ou reforma a vapor de metano. Onde a reforma a vapor de metano é usada, a reação é endotérmica e assim necessita de
25 calor. O gás de síntese é então submetido à síntese de Fischer-Tropsch. Para realizar a síntese de Fischer-Tropsch a razão ótima de hidrogênio para monóxido de carbono é cerca de 2:1, e reforma a vapor tem um benefício de prover hidrogênio em maior quantidade do que a suficiente para esta finalidade.

Este processo é descrito, por exemplo, em WO 01/51194 (AEA Technology) e WO 03/006149 (Accentus plc). O gás natural é primariamente metano, mas também contém pequenas proporções de hidrocarbonetos de cadeia mais longa. Em cada caso, o gás natural é primeiro submetido a uma etapa de pré-reforma, em que os hidrocarbonetos de cadeia mais longa são convertidos em metano por reação com vapor, por exemplo, sobre um catalisador de níquel a 400°C. Com relação ao processo de Fischer-Tropsch, como descrito em WO 2004/050799 (GTL Microsystems AG), um catalisador apropriado usa partículas pequenas de cobalto em um suporte de cerâmica, mas este catalisador pode sofrer uma reação deletéria na presença de vapor d'água. Para assegurar que isto não ocorra, o reator é operado de modo a assegurar que a conversão de Fischer-Tropsch não seja maior do que 70%, e, então, os gases resultantes são submetidos a um segundo estágio de Fischer-Tropsch. Embora isto proporcione um modo satisfatório de converter gás natural em um produto de hidrocarboneto de cadeia mais longa, seria desejável prover uma instalação e um processo alternativos.

De acordo com a presente invenção, provê-se uma instalação de conversão de gás-em-líquido para tratamento de gás natural, em que o gás natural é submetido à expansão através de um limitador de fluxo de modo a sofrer resfriamento através do efeito Joule Thomson, com separação dos líquidos resultantes.

A presente invenção também provê um processo para tratamento de gás natural desta forma. O processo da presente invenção refere-se a um processo químico para a conversão de gás natural (primariamente metano) em hidrocarbonetos de cadeia mais longa.

Idealmente, a expansão ocorre sem transferência significativa de calor do ambiente, o gás natural expandindo-se para um estado de pressão menor. O limitador de fluxo pode ser uma válvula de regulação, ou,

alternativamente, pode ser um bocal de entrada de um separador de tubo de vórtice, ou um turboexpansor, ou um dispositivo separador Twister (TM). Um tubo de vórtice, ou tubo Ranque-Hilsch, divide o gás em uma corrente de gás quente e uma corrente de gás frio. A corrente de gás quente pode ser usada em outros locais dentro da instalação. No entanto, como resultado da divisão em duas correntes, apenas uma parte dos gases são resfriados. A expansão pode resfriar o gás natural abaixo de 0°C , mais particularmente abaixo de -10°C , por exemplo, abaixo de -15°C , com a consequência de que hidrocarbonetos de cadeia mais longa condensam a partir do estado de vapor para o estado líquido, e podem ser separados do gás natural restante. O grau de resfriamento é selecionado para assegurar que a corrente de saída está a uma pressão suficiente para conduzir o gás através do processo. Enquanto que a temperatura pode ser ainda diminuída a fim de aumentar a recuperação de hidrocarbonetos superiores, isto deixa de ser vantajoso quando o custo dos requisitos de compressão aumentada para re-pressurização do gás exceder o valor dos hidrocarbonetos de cadeia mais longa adicionais recuperados. Preferivelmente, a corrente de gás natural é alimentada para dentro do limitador de fluxo através de um trocador de calor em que ela é resfriada por contato com pelo menos um fluido que foi resfriado por passagem através do limitador de fluxo, de modo que o gás natural está abaixo da temperatura ambiente, quando ele atinge o limitador de fluxo.

Um benefício deste processo é que a proporção de hidrocarbonetos de cadeia mais longa no gás natural restante é consideravelmente reduzida. Portanto, pode ser praticável, então, submeter o gás natural a reforma sem a necessidade de outro pré-reformador. Um benefício adicional é que a quantidade de hidrocarbonetos submetidos a processos químicos subsequentes é reduzida, o que pode reduzir o tamanho e, portanto, o custo da parte restante da instalação.

Um problema potencial em tal processo de resfriamento é o risco da formação de hidratos contendo metano, embora isso possa não ser um problema com um dispositivo Twister como o tempo de residência pode ser suficientemente curto para evitar a formação de cristais de hidrato. Para resolver este problema, oxigenatos, tais como metanol ou etanol, podem ser introduzidos na corrente de gás natural, a montante do limitador de fluxo. Estes impedem a formação de hidratos. No contexto de uma instalação de conversão de gás-em-líquido, tais oxigenatos são produzidos durante a síntese de Fischer-Tropsch, e podem ser extraídos a partir da fase aquosa resultante por extração com vapor. Estes oxigenatos, portanto, permitem que a corrente de gás seja resfriada a uma temperatura mais baixa. O gás natural é convertido em gás de síntese, quer por reforma de metano a vapor, oxidação parcial ou reforma autotérmica. No caso do reforma a vapor de metano, o calor necessário pode ser fornecido por combustão catalítica dentro de canais adjacentes dentro de um reator de reforma/combustão integrado, ou pelos gases de exaustão quentes provenientes de um reator de combustão separado. O gás de síntese resultante contém mais hidrogênio do que é necessário para a síntese de Fischer-Tropsch, e pelo menos algum hidrogênio em excesso pode ser separado do gás de síntese por um separador de membrana, e fornecido a um coletor de combustível. Se a membrana não for usada para a separação, a separação pode ser realizada por absorção oscilante de pressão. O coletor de combustível pode fornecer o combustível para o processo de combustão, que fornece calor para a reação de reforma a vapor de metano, ou pode fornecer combustível para o pré-aquecimento de uma alimentação de ar para tal processo de combustão.

O gás de síntese pode então ser submetido a uma reação de síntese de Fischer-Tropsch para converter o gás de síntese em hidrocarbonetos de cadeia mais longa. Isto pode ser um processo de estágio único ou em dois estágios. Depois de separar o produto de hidrocarboneto líquido e uma fase

aquosa, por exemplo, em um trocador de calor tubular, seguido por separação por diferenças de densidade em um vaso, ocorre um gás residual resultante. O gás residual contém hidrogênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono e metano. Alguma parte do gás residual é preferivelmente introduzida na corrente de gás de síntese, preferivelmente, a montante do separador de membrana. Pelo menos alguma parte do gás residual é alimentada para o coletor de combustível.

Pelo menos alguma parte da fase aquosa pode entrar em ebulição para produzir uma corrente de vapor e vapor contendo oxigenatos, que é alimentado para a mistura de gás de combustão. Por exemplo, ela pode ser introduzida em uma corrente de ar de combustão fornecido para os canais de combustão ou para um reator de combustão.

Será apreciado que o processo de reforma a vapor/metano produz duas correntes quentes de fluxo de saída: uma corrente de gás de síntese, tipicamente superior a 800°C, e uma corrente de gases de exaustão, que podem estar a uma temperatura similar (se um reator integrado de combustão /reforma for usado), ou que pode estar a uma temperatura um pouco menor (se um reator de combustão separado for usado). Preferivelmente, estas correntes quentes são usadas para prover energia térmica aos gases sendo fornecidas para o processo de reforma. Por exemplo, o gás de síntese quente pode ser usado para fornecer o vapor necessário para a reforma, enquanto que os gases de exaustão podem ser usados para pré-aquecer ar de combustão.

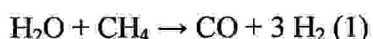
Em um aspecto adicional da presente invenção, provê-se um processo de conversão de gás-em-líquido, e uma instalação para realizar o processo, em que o processo usa um etapa de combustão usando uma corrente de ar, e em que o processo produz hidrogênio em excesso, em que o hidrogênio em excesso é separado usando uma membrana ou usando absorção oscilante pressão, e é usado para pré-aquecer a corrente de ar de combustão. O pré-aquecimento da corrente de ar pode utilizar um processo de combustão

catalítica. Por exemplo, o hidrogênio pode ser separado de um gás de síntese, ou a partir de um gás residual de uma reação de síntese de Fischer-Tropsch.

Ainda em um aspecto adicional a presente invenção provê um processo de conversão gás-em-líquido, e uma instalação para realizar o processo, em que o processo usa uma etapa de combustão, e em que o processo realiza a síntese de Fischer-Tropsch, em que calor da síntese de Fischer-Tropsch é usado para geração de vapor, e o vapor é introduzido em um fluxo de gás fornecido à etapa de combustão. O vapor que é fornecido para a etapa de combustão pode incluir oxigenatos que são produzidos como um subproduto da síntese de Fischer-Tropsch.

A invenção será agora ainda e mais particularmente descrita, a título de exemplo apenas, e com referência ao desenho anexo, que mostra um diagrama de fluxo esquemático de uma instalação de conversão de gás-em-líquido e equipamento associado.

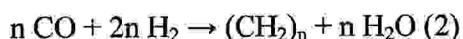
A invenção refere-se a um processo químico para a conversão de gás natural (principalmente metano) para hidrocarbonetos de cadeia mais longa. Ele é apropriado para tratamento de gás associado, que é o gás natural que é produzido junto com o petróleo bruto, e é, então, separado do petróleo bruto. O primeiro estágio do processo químico envolve a formação de gás de síntese, por exemplo, por meio de reforma a vapor, por uma reação do tipo:



Esta reação é endotérmica, e pode ser catalisada por um catalisador de ródio ou platina/ródio em um primeiro canal de fluxo de gás. O calor necessário para causar esta reação pode ser fornecido por combustão catalítica de um gás tal como metano ou hidrogênio, que é exotérmica, de um canal adjacente, ou por troca térmica com os gases de exaustão de um reator de combustão separado. A combustão pode ser catalisada por um catalisador de paládio em um segundo canal de fluxo de gás adjacente em um reator catalítico

compacto. Em ambos os casos, o catalisador pode estar sobre um suporte de alumina estabilizada, que forma um revestimento, tipicamente menor do que 100 µm de espessura sobre um substrato metálico. Alternativamente, o catalisador pode ser aplicado nas paredes dos canais de fluxo ou pode ser fornecido como grânulos dentro do canal de fluxo. O calor gerado pela combustão seria conduzido através da chapa metálica separando os canais adjacentes.

A mistura de gás produzida pela reforma vapor/metano é então usada para realizar uma síntese de Fischer-Tropsch para gerar um hidrocarboneto de cadeia mais longa, isto é:



que é uma reação exotérmica, ocorrendo a uma temperatura elevada, tipicamente entre 190°C e 280°C, para exemplo, 230°C, e uma pressão elevada, tipicamente entre 1 e 0,8 MPa 2,6 MPa (valores absolutos), por exemplo, 2,5 MPa, na presença de um catalisador, tal como ferro, cobalto ou magnetita fundida, com um promotor de potássio. Enquanto catalisadores à base de Fe podem ser usados, Co metálico promovido com metais preciosos, tais como Pd, Pt, Ru ou Re dopados com 1% em peso, são preferidos quando se opera a temperaturas mais baixas uma vez que eles têm uma melhor estabilidade à oxidação. Os metais ativos são impregnados a 10-40% em peso em materiais de suporte refratários, como TiO₂, ou Al₂O₃ SiO₂ que podem ser dopados com terra rara e óxidos de metal de transição para melhorar a estabilidade hidrotérmica.

1. Pré-Tratamento

Referindo-se à figura 1, mostra-se uma instalação de conversão de gás-em-líquido 10 da presente invenção. A alimentação de gás natural 5 consiste principalmente de metano, mas com pequenas proporções de outros hidrocarbonetos gasosos, vapores de hidrocarboneto e vapor d'água. A

alimentação de gás 5 pode estar, por exemplo, a uma pressão de 4,0 MPa (40 atm) e 35°C, seguindo por resfriamento com água do mar a uma temperatura inicial de 90°C e pode constituir o gás associado de um poço produzindo petróleo bruto. A alimentação de gás natural 5 é primeiro passada através de um coalescedor 12, que remove quaisquer gotículas. Uma quantidade pequena de oxigenatos (primariamente etanol e metanol, e marcado "álcool") é então pulverizado na alimentação de gás 5, a um injetor 14, e a alimentação de gás 5 é então passada através de um trocador de calor 15 para resfriamento e, então, através uma válvula de regulação 16 através da qual ela expande em uma região de pressão menor (tipicamente a cerca de 1 MPa) adiabaticamente, sem entrada significativa de calor a partir do ambiente. Consequentemente, de acordo com o efeito Joule Thomson, o gás natural é consideravelmente resfriado, por exemplo, a -18°C. A corrente resultante resfriada é então alimentada a um separador de fase 18, assim produzindo uma fase de gás 20, uma fase de hidrocarboneto líquido 21, e uma fase aquosa 22 (contendo os oxigenatos). O uso dos oxigenatos assegura hidratos contendo metano não sejam produzidos. Todas as três destas correntes fluidas são passadas através do trocador de calor 15, de modo a resfriar a alimentação de gás 5 fluindo para dentro.

A fase de hidrocarboneto líquido 21 constitui parte da corrente de saída do produto de hidrocarboneto líquido a partir da instalação 10.

A fase de gás 20 é então submetida a pré-tratamento 25, que pode compreender um ou mais dos seguintes: mudança de sua pressão, mudança de sua temperatura, e remoção de impurezas tais como enxofre. Então, ela é misturada com vapor de água em um misturador 26.

2. Obtenção de gás de síntese

A mistura de gás/vapor, preferivelmente a uma temperatura de cerca de 450°C, é então alimentada em um reformador de vapor/metano

catalítico 30. O reformador 30 consiste de um reator catalítico compacto formado a partir de uma pilha de placas que definem dois conjuntos de canais dispostos alternadamente. Um conjunto de canais é para a reação de reforma, e contém um catalisador de reforma sobre suportes de folha metálica ondulada removível, enquanto que o outro conjunto de canais é para a provisão de calor.

Neste exemplo, o calor é fornecido usando um queimador separado 32, os gases de exaustão do queimador 32 a cerca de 850°C sendo passados através do reformador 30 em contra-corrente para o fluxo da mistura vapor/metano. Os canais de reação do reformador 30 podem conter um catalisador de níquel em uma parte inicial do canal, de comprimento entre 100 e 200 mm, por exemplo, 150 mm, a partir de um comprimento total do canal de reação de 600 mm. Na primeira parte do canal, em que o catalisador de níquel está presente, pré-reforma ocorre, portanto, quaisquer hidrocarbonetos superiores irão reagir com vapor para produzir metano. O restante do comprimento dos canais de reação contém um catalisador reformador, por exemplo, um catalisador de platina/ródio, onde o vapor e metano reagem para formar monóxido de carbono e hidrogênio.

O calor para a reação de reforma a vapor/metano no reformador 30 é fornecido por combustão de um gás combustível a partir de um coletor de combustível 34 em uma corrente de ar de combustão. Neste exemplo, o gás combustível é primariamente hidrogênio. O ar de combustão é fornecido por um soprador 36 e é pré-aquecido em um trocador de calor 38, retirando calor dos gases de exaustão quentes a partir da combustão, depois de terem passado através do reformador 30. Além disso, uma mistura de vapor e vapor de álcool 40 é introduzida no ar de combustão a montante do queimador 32. Após passar através do trocador de calor 38 os gases de exaustão podem ser ventilados através de uma chaminé 39.

Uma mistura de monóxido de carbono e de hidrogênio a acima de

800°C emerge do reformador 30, e é resfriada bruscamente a abaixo de 400°C por passagem através de um trocador de calor com elevação de vapor 42 na forma de um termossifão. O trocador de calor 42 é um trocador de calor de tubo e envoltório, os gases quentes passando através dos tubos, e com dutos de entrada e de saída se comunicando com o envoltório no topo e no fundo e se comunicando com um tambor de vapor 44. O tambor de vapor 44 está cheio em cerca de metade com água, e assim água circula através de convecção natural entre o trocador de calor 42 e o tambor de vapor 44. O vapor resultante do tambor de vapor 44 é fornecido ao misturador 26 através de uma válvula de controle 46.

A mistura de gás, que é uma forma de gás de síntese, pode ser submetida a um resfriamento adicional (não mostrado). Ela é então submetida a compressão, usando dois compressores sucessivos 50, preferivelmente com estágios de resfriamento e de separação de líquido (não mostrados) após cada compressor 50. Os compressores 50 elevam a pressão a cerca de 2,5 MPa (25 atm).

Será notado a partir da equação (1) acima, que a razão de hidrogênio para CO produzido desta forma é de cerca de 3:1, enquanto que a exigência estequiométrica é de cerca de 2:1, como é evidente a partir da equação (2). O gás de síntese em alta pressão é, portanto, passado através de uma membrana permeável a hidrogênio 52 para remover excesso de hidrogênio. Este hidrogênio é fornecido para o coletor de combustível 34, e é o gás combustível principal.

3. Síntese de Fischer-Tropsch e tratamento do produto

A corrente de monóxido de carbono e hidrogênio em alta pressão é então aquecida a cerca de 200°C em um trocador de calor 54, e então alimentada para um reator de Fischer-Tropsch catalítico 55, este novamente sendo um reator catalítico compacto formado a partir de uma pilha de placas,

como descrito acima, a mistura de reagente escoar através de um conjunto de canais, enquanto que um líquido refrigerante flui através do outro conjunto. O líquido refrigerante é circulado por uma bomba 56 e através de um trocador de calor 58. A reação de Fischer-Tropsch ocorre a cerca de 210°C, e o líquido refrigerante é circulado a uma taxa tal que a temperatura varia em menos de 10 K em passagem através do reator 55.

Os produtos de reação a partir da síntese de Fischer-Tropsch, predominantemente água e hidrocarbonetos, como parafinas, são resfriados a cerca de 70°C para condensar os líquidos por passagem através de um trocador de calor 60 e alimentados a uma câmara de separação 62 em que as três fases água, hidrocarbonetos e gases residuais separam. A fase aquosa contém água com cerca de 1% -2 oxigenatos tais como etanol e metanol, que são formadas por meio da síntese de Fischer-Tropsch. A maior parte da fase aquosa a partir da câmara de separação 62 é tratada por extração com vapor 63 para separar os oxigenatos (marcado "álcool") para deixar água limpa que pode ser descarregada para refugo. Os oxigenatos separadas, que estão a uma concentração de oxigenatos de cerca de 80%, são injetados no injetor 14 a montante da válvula de regulação 16, como descrito acima. O restante da fase aquosa é alimentado como água de processo através do trocador de calor 58, e, portanto, através de uma válvula de queda de pressão 64, para um tanque de extração 66. No tanque de extração 66, a fase aquosa ferve, tipicamente a uma pressão de cerca de 10,0 MPa (10 atm), a fase líquida sendo alimentada a partir do fundo do tanque de extração 66 para o tambor de vapor 44, enquanto que a fase de vapor, que contém vapor e o grosso dos oxigenatos, fornece a corrente 40, que é introduzida no ar de combustão por meio de uma válvula de controle 68.

A fase de hidrocarboneto a partir da câmara de separação 62 é o produto de hidrocarboneto de cadeia mais longa. A fase de vapor e gás a partir

da câmara de separação 62 é alimentada através de dois trocadores de calor de resfriamento sucessivos 70, dos quais o segundo resfria os vapores até temperatura ambiente. Os líquidos que se condensam na passagem através do primeiro trocador de calor 70 são alimentados de volta para a câmara de separação 62. A saída do segundo trocador de calor 70 é alimentada em uma câmara de separação de fase 72, onde a água e produto de hidrocarboneto leve líquido se separam.

A fase de vapor restante, que está na mesma pressão que o reator de Fischer-Tropsch 55, é então passada através de um trocador de calor 74 para uma válvula de regulação 76, seguido por um vaso de separação de fase 78. À medida que o gás passa através da válvula de regulação 76, ele se expande em uma região de baixa pressão adiabaticamente, sem entrada de calor significativa a partir do meio ambiente. Consequentemente, de acordo com o efeito Joule Thomson, o gás é resfriado consideravelmente. Os líquidos que emergem do vaso de separação de fase 78 contém água e produto de hidrocarboneto leve. Os gases que emergem do vaso de separação de fase 78, que são os gases residuais do processo de Fischer-Tropsch, são passados de volta através do trocador de calor 74, para resfriar os gases de fluxo entrando e, opcionalmente, através de uma membrana permeável a hidrogênio (não mostrada). Uma parte do gás residual pode ser alimentada de volta para a corrente de gás de síntese a montante do primeiro compressor 50. Pelo menos parte do gás residual é fornecida para o coletor de combustível 34, para garantir que não ocorra um acúmulo excessivo de metano no reator de Fischer-Tropsch 55.

4. Transferência de Energia e Revisão de Processos

O coletor de combustível 34 não apenas fornece o combustível para o queimador 32, mas também fornece combustível por meio de um compressor de combustível 80 para uma turbina a gás 82. De fato, gás combustível comprimido também pode ser fornecido a outros equipamentos

(não mostrados), que não fazem parte da instalação 10. A turbina a gás 82 pode ser disposta de modo a fornecer energia elétrica para a operação da instalação 10. Como indicado por uma linha tracejada na figura, neste exemplo, a energia elétrica gerada pela turbina a gás 82 é usada para acionar os compressores 50. Alternativamente, a turbina a gás 82 pode ser diretamente acoplada para acionar o compressor 50.

Será apreciado que no processo acima descrito, o calor produzido pela reação de Fischer-Tropsch é usado para a ebulição de vapor e álcool no tanque de extração 66, e assim é transferido para os canais de combustão através da alimentação 40. O calor restante requerido para reforma é provido pelo gás combustível a partir do coletor de combustível 34 sofrendo combustão no queimador 32. Este pode ser um queimador de duto, na qual existem vários bicos através dos quais o gás combustível é alimentado a uma corrente de ar de combustão, de modo que ele queima com um flare. Alternativamente, o queimador 32 pode ser uma unidade de combustão catalítica sem chamas. Como mencionado previamente, o gás de exaustão quente resultante fornece calor ao reformador 30, e é então usado para pré-aquecer ar de combustão no trocador de calor 38.

Em uma modificação do processo acima descrito, o ar de combustão pode ser adicionalmente pré-aquecido por introdução de hidrogênio no ar de combustão, e passando o mesmo através de uma estrutura de colméia de um aço ferrítico contendo alumínio, como Fecralloy, com uma superfície oxidada, que foi verificada ser catalítica para combustão de hidrogênio. Alternativamente, o pré-aquecimento pode ser realizado usando um queimador de duto, em que um combustível como hidrogênio é queimado. O aquecimento final do ar de combustão até à temperatura desejada na proximidade de 800°C, então, pode ser conseguida usando queimador de duto 32 ao qual uma corrente de gás combustível é provida, tal como o gás residual

a partir do processo de Fischer-Tropsch, ou como descrito acima, usando um queimador 32 que é uma unidade de combustão catalítica sem chama.

Em outra modificação, o ar de combustão é pré-aquecido, quer por passagem através de um queimador de duto alimentado com um combustível
5 apropriado, quer através da introdução de hidrogênio no ar de combustão, e passando o mesmo através de uma estrutura de colméia de aço ferrítico contendo alumínio, como descrito acima, de modo que hidrogênio sofre combustão catalítica. O ar de combustão quente é então alimentado em um reator de combustão/reforma integrado, e um combustível como metano ou gás
10 residual é introduzido e submetido à combustão catalítica em canais do reator fornecendo calor, através dos quais o ar de combustão quente escoar. Nesta modificação a combustão catalítica pode, por exemplo, ocorrer sobre um catalisador de paládio/platina dentro dos canais fornecendo calor dentro do reator de reforma 30. Neste caso, o percurso do gás de combustão é
15 preferivelmente co-corrente com relação ao percurso do gás do reformador. O catalisador pode incluir gama-alumina como um suporte, revestido com uma mistura 3:1 de paládio/platina, que é um catalisador eficaz sobre uma ampla faixa de temperaturas. A mistura de gás combustível pode ser fornecida em estágios ao longo do reator 30 para assegurar que a combustão ocorre em todo
20 o comprimento dos canais de combustão.

REIVINDICAÇÕES

1. Instalação de conversão de gás-em-líquido (10) para tratamento de gás natural, em que o gás natural é submetido à expansão através de um limitador de fluxo (16) de modo a sofrer resfriamento através do efeito Joule Thomson, com separação (18) do líquido de hidrocarboneto de cadeia mais longa resultante a partir do gás natural restante, caracterizada pelo fato de ainda compreender meios (30) para processar o gás natural restante para formar um gás de síntese contendo excesso de hidrogênio e um separador (52) para remover hidrogênio do gás de síntese, e um reator de Fischer-Tropsch (55) para a qual o gás de síntese é fornecido, e meios (62) para separar o produto de hidrocarboneto, gás residual e fase aquosa a partir da saída do reator de Fischer-Tropsch (55), e meios (63) para extrair vapor para separar os oxigenatos da fase aquosa e meios para introduzir os oxigenatos na corrente de gás natural a montante do limitador de fluxo (16).

2. Instalação (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de compreender um trocador de calor (15) disposto para a transferência de calor entre o gás natural antes do mesmo alcançar o limitador de fluxo (16) e, pelo menos, um fluido que foi resfriado por passagem através do limitador de fluxo (16).

3. Instalação (10) de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que o gás natural é submetido à expansão através de um limitador de fluxo único (16), de modo a sofrer resfriamento através do efeito Joule Thomson.

4. Instalação (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada pelo fato de incluir um coletor de combustível (34) ao qual hidrogênio separado é fornecido.

5. Instalação (10) de acordo com a reivindicação 4, caracterizada pelo fato de que o meio de formação de gás de síntese (30) é adaptado para usar

uma reação endotérmica, em que calor para a reação é fornecido, pelo menos em parte, pela combustão de combustível a partir do coletor de combustível (34).

6. Instalação (10) de acordo com a reivindicação 4 ou reivindicação 5, caracterizada pelo fato de que alguma parte do gás residual é recirculada para a corrente de gás de síntese, e alguma parte do gás residual é alimentada no coletor de combustível (34).

7. Instalação (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de também compreender um trocador de calor (60) em que pelo menos uma parte do calor produzido pela reação de Fischer-Tropsch é usada para gerar vapor, e em que o vapor é combinado com uma corrente de ar por um processo de combustão.

8. Processo de conversão de gás-em-líquido para tratamento de gás natural incluindo as etapas de submeter o gás natural a expansão através de um limitador de fluxo (16) de modo a sofrer resfriamento através do efeito Joule Thomson, seguido por separação do líquido de hidrocarboneto de cadeia mais longa resultante a partir do gás natural restante, compreendendo ainda as etapas de processamento do gás natural para formar um gás de síntese contendo excesso de hidrogênio e separar hidrogênio a partir do gás de síntese, e submeter o gás de síntese à síntese de Fischer-Tropsch, caracterizado pelo fato de que o produto da síntese de Fischer-Tropsch é separado em um produto de hidrocarboneto, gás residual e uma fase aquosa, em que a fase aquosa é extraída com vapor para extrair os oxigenatos que são então injetados na corrente de gás natural a montante do limitador de fluxo (16).

9. Processo de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de incluir a etapa de transferência de calor entre o gás natural, antes do mesmo alcançar o limitador de fluxo (16) e, pelo menos, um fluido que foi resfriado por passagem através do limitador de fluxo (16).

10. Processo de acordo com a reivindicação 8 ou reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a etapa de submeter o gás natural a expansão através de um limitador de fluxo (16) é realizada apenas uma vez.

11. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 10, caracterizado pelo fato de que o processo de formação de gás de síntese usa uma reação endotérmica, em que o processo compreende a etapa de fornecer calor para a reação endotérmica, pelo menos em parte, pela combustão do hidrogênio em excesso removido.

12. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 11, caracterizado pelo fato de que parte do gás residual é recirculada para a corrente de gás de síntese, e alguma parte do gás residual é usada como combustível.

13. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 12, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma parte do calor produzido pela reação de Fischer-Tropsch é usada para gerar vapor, e em que o vapor é combinado com uma corrente de ar por um processo de combustão.

14. Processo de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que uma corrente de ar para combustão é pré-aquecida por mistura com hidrogênio a partir do hidrogênio em excesso removido, e passagem através de uma estrutura catalítica compreendendo um aço ferrítico contendo alumínio sem qualquer revestimento catalítico, de modo que o hidrogênio sofre combustão catalítica na superfície do aço.

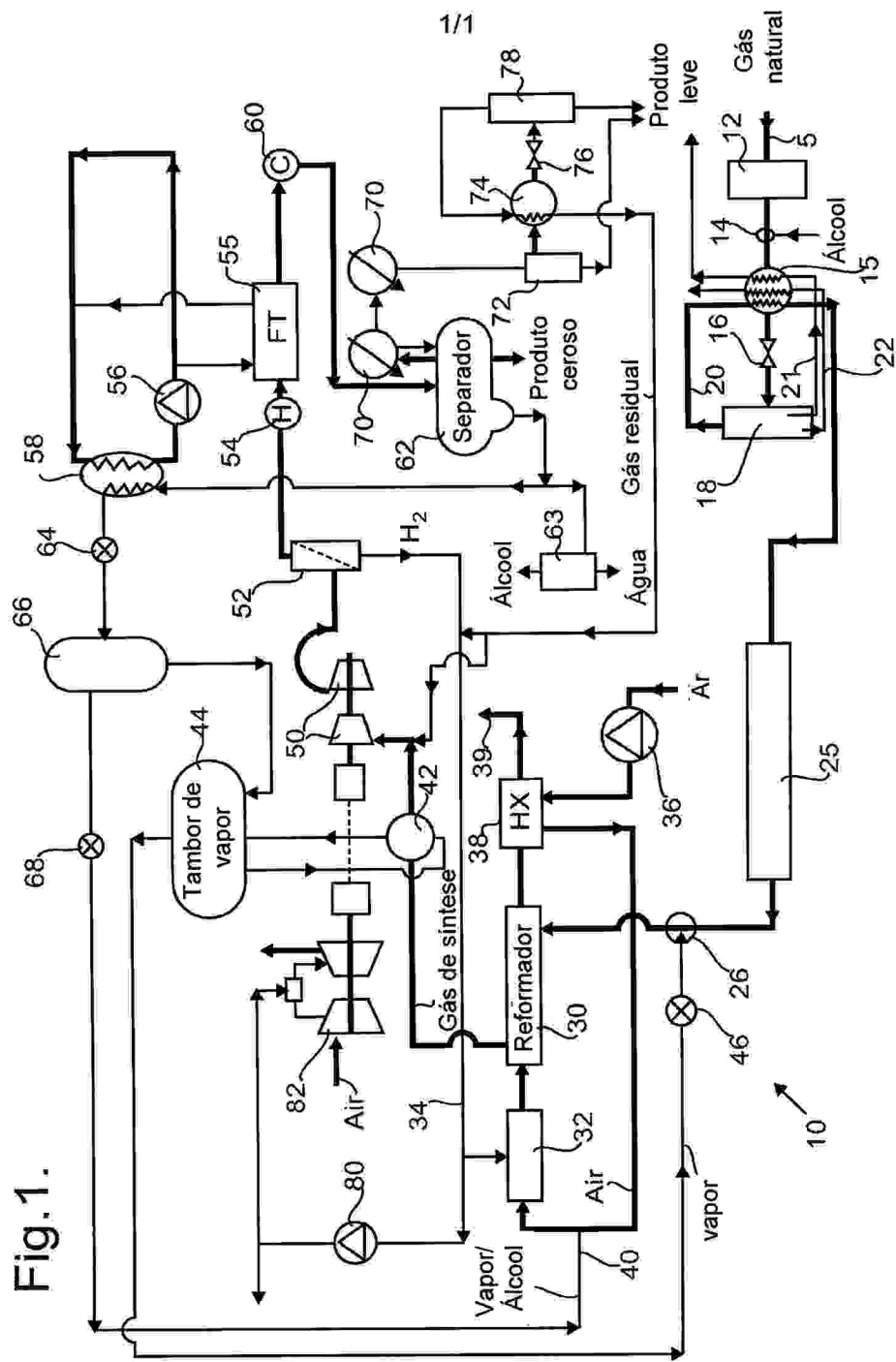


Fig.1.