



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

(11) PI 0606527-9 B1

(22) Data do Depósito: 11/01/2006

(45) Data de Concessão: 19/01/2016
(RPI 2350)



(54) Título: REATOR CATALÍTICO COMPACTO PARA SÍNTESE FISCHER-TROPSCH, PLANTA PARA CONVERTER GÁS NATURAL EM HIDROCARBONETOS DE CADEIA MAIS LONGA, E REATOR FISCHER-TROPSCH

(51) Int.Cl.: B01J 19/24

(30) Prioridade Unionista: 15/01/2005 GB 0500837.0

(73) Titular(es): COMPACTGTL LIMITED

(72) Inventor(es): JOHN VITUCCI, MICHAEL JOSEPH BOWE

“REATOR CATALÍTICO COMPACTO PARA SÍNTESE FISCHER-TROPSCH, PLANTA PARA CONVERTER GÁS NATURAL EM HIDROCARBONETOS DE CADEIA MAIS LONGA, E REATOR FISCHER-TROPSCH”

5 Esta invenção refere-se a um reator catalítico apropriado para uso em um processo químico para converter gás natural em hidrocarbonetos de cadeia mais longa, em particular para realizar a síntese Fischer-Tropsch, e a uma planta incluindo estes reatores catalíticos para realizar o processo.

 Descreve-se um processo em WO 01/51194 e WO 03/048034
10 (Accentus plc) em que metano é reagido com vapor, para gerar monóxido de carbono e hidrogênio em um primeiro reator catalítico; a mistura de gás resultante é então usada para realizar a síntese Fischer-Tropsch em um segundo reator catalítico. O resultado global consiste em converter metano em hidrocarbonetos de maior peso molecular, que são geralmente líquidos sob
15 condições ambientes. Os dois estágios do processo, reforma vapor/metano e síntese Fischer-Tropsch, requerem diferentes catalisadores, e calor a ser transferido para ou a partir dos gases de reação, respectivamente, pois as reações são respectivamente endotérmicas e exotérmicas. Os reatores para os dois diferentes estágios devem atender a exigências um pouco diferentes: a
20 síntese Fischer-Tropsch é geralmente realizada a uma pressão maior, mas a uma temperatura menor do que a reforma vapor/metano; e em canais de transferência de calor do reator Fischer-Tropsch somente um fluido refrigerante é necessário, enquanto o calor requerido para a reforma vapor/metano deve ser tipicamente fornecido por combustão catalítica, assim
25 requerendo um catalisador apropriado.

 Em cada caso, o reator é preferivelmente formado como uma pilha de placas, com canais de fluxo definidos entre as placas, os canais de fluxo para os diferentes fluidos se alternando na pilha. Nestes canais que

requerem um catalisador, ele preferivelmente está na forma de um substrato de metal corrugado transportando o catalisador em um revestimento cerâmico, sendo estas estruturas corrugadas removíveis dos canais quando o catalisador se torna gasto. No entanto, nota-se uma grande diferença de pressão entre os dois fluidos, e isto irá tender a provocar o dobramento das placas, de modo que a transferência térmica entre a estrutura do catalisador e as placas se torna impedida, podendo tornar difícil remover ou substituir a estrutura do catalisador; ainda assim, se as placas forem fortes o suficiente para resistir à diferença de pressão, então as placas irão precisar ser mais espessas e/ou os canais mais estreitos, e o volume de fluxo, como uma proporção do volume total do reator, irá tender a ser menor.

De acordo com a presente invenção, proporciona-se um reator catalítico compacto para síntese Fischer-Tropsch, compreendendo um módulo reator definindo uma multiplicidade de primeiro e segundo canais de fluxo dispostos alternadamente no módulo, para transportar primeiro e segundo fluidos respectivamente, o primeiro fluido sendo uma mistura de gás que sofre a síntese Fischer-Tropsch e cuja pressão está acima da pressão ambiente, e o segundo fluido sendo um fluido refrigerante,

em que cada canal de fluxo, em que deve ocorrer uma reação química, contém uma estrutura catalítica permeável a gás removível incorporando um substrato de metal;

em que o módulo reator é encerrado dentro de um vaso de pressão, sendo a pressão dentro do vaso de pressão estabelecida para estar a uma pressão substancialmente igual à de qualquer fluido que está em pressão maior.

Porque a pressão dentro do vaso de pressão é substancialmente à do fluido na pressão maior, todos os canais de fluxo dentro da pilha das placas estão ou em pressão de seus ambientes, ou estão sob compressão. Conseqüentemente, nenhuma parte da pilha de placas está sob tensão.

Preferivelmente, a mistura de gás é o fluido em pressão maior, e esta mistura de gás é disposta para fluir através de pelo menos parte do vaso de pressão, ou para alcançar os primeiros canais de fluxo ou (após ter sofrido a síntese Fischer-Tropsch) deixar os primeiros canais de fluxo. Um benefício de se
5 dispor de modo que a mistura de gás, que sofreu a síntese Fischer-Tropsch, então escoar através do vaso de pressão, é que o vaso de pressão pode proporcionar um primeiro estágio de separação entre as gotículas líquidas de hidrocarbonetos produto e produtos gasosos.

Assim, em um segundo aspecto, a presente invenção proporciona
10 este reator catalítico compacto para a síntese Fischer-Tropsch, compreendendo um módulo reator apropriado encerrado dentro de um vaso de pressão, mas em que a pressão dentro do vaso de pressão é estabelecida para ser substancialmente igual à existente nos canais de reação Fischer-Tropsch.

A reação Fischer-Tropsch é tipicamente realizada a uma
15 temperatura de cerca de 200°C, de modo que uma ampla faixa de materiais pode ser selecionado para o módulo reator. Por exemplo, o módulo reator pode ser feito de uma liga de alumínio, ligas de aço inoxidável ou de alto teor de níquel, ou outras ligas de aço.

Preferivelmente, o substrato metálico para a estrutura do
20 catalisador é de liga de aço que forma um revestimento de superfície aderente de óxido de alumínio quando aquecido, por exemplo, um aço ferrítico contendo alumínio, como ferro, com 15% cromo, 4% alumínio, e 0,3% ítrio (por exemplo, Fecralloy TM). Quando este metal é aquecido no ar, ele forma um revestimento de óxido aderente de alumina, que protege a liga contra
25 outra oxidação e contra corrosão. Quando o revestimento cerâmico é de alumina, ele parece ligar ao revestimento de óxido sobre a superfície. O substrato pode ser uma tela de arame, ou uma folha de feltro, mas o substrato preferido é uma folha de metal fina, por exemplo de espessura menor que 100

um, e o substrato pode ser corrugado, ondulado ou pregueado.

Esta estrutura de catalisador incorporando material catalítico pode ser inserida em um canal de fluxo, os canais de fluxo para a reação de reforma se alternando com canais de fluxo para remover calor. O substrato metálico da estrutura do catalisador dentro dos canais de fluxo melhora a transferência de calor e a área de superfície do catalisador. As estruturas catalíticas são removíveis dos canais no módulo, de modo que podem ser substituídas se o catalisador se tornar gasto.

O módulo reator pode compreender uma pilha de placas. Por exemplo, o primeiro e segundo canais de fluxo podem ser definidos por ranhuras em placas respectivas, sendo as placas empilhadas e então unidas juntas. Alternativamente, os canais de fluxo podem ser definidos por folhas de metal finas que são encasteladas e empilhadas alternadamente com folhas planas; as bordas os canais de fluxo podem ser definidas por tiras de vedação. A pilha de placas formando o módulo reator é unida, por exemplo, por ligação por difusão, solda forte ou prensagem isoestática a quente. Um benefício particular da presente invenção é que a proporção do volume do módulo reator, consistindo de material estrutural (não incluindo o catalisador), pode ser menor que 60%, preferivelmente sendo menor que 50%, e pode mesmo ser menor que 35%.

Assim, uma planta para processar gás natural, de modo a obter hidrocarbonetos de cadeia mais longa, pode incorporar um reator de reforma vapor/metano, para reagir metano com vapor para formar gás de síntese, e um reator Fischer-Tropsch da invenção para gerar hidrocarbonetos de cadeia mais longa. Para assegurar bom contato térmico necessário, os canais para a reação Fischer-Tropsch tem uma profundidade preferivelmente menor que 10 mm.

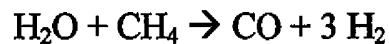
A invenção será agora ainda e mais particularmente descrita, a título de exemplo apenas, e com referência aos desenhos anexos, em que:

A figura 1 mostra um fluxograma de uma planta química incorporando um reator da invenção;

A figura 2 mostra uma vista em seção de parte de um bloco de reator apropriado para a síntese Fischer-Tropsch;

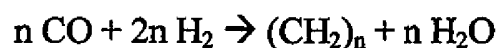
A figura 3 mostra uma vista em seção de um reator incorporando o bloco do reator da figura 2.

A invenção é relevante a um processo químico para converter gás natural (primariamente metano) em hidrocarbonetos de cadeia mais longa. O primeiro estágio de processo envolve reforma a vapor, isto é, a reação do tipo:



Esta reação é endotérmica, podendo ser catalisada por um catalisador de ródio ou platina/ródio em um primeiro canal de fluxo de gás. O calor requerido para causar esta reação pode ser suprido por combustão de um gás inflamável como metano ou hidrogênio, que é exotérmico e pode ser catalisado por um catalisador de paládio em um segundo canal de fluxo de gás adjacente. Em ambos os casos, o catalisador está preferivelmente em um suporte de alumina estabilizado que forma um revestimento tipicamente com menos que 100 µm de espessura sobre o substrato metálico. A reação de combustão pode ocorrer em pressão atmosférica, mas a reação de reforma pode ocorrer entre 4 e 5 atmosferas. O calor gerado pela combustão pode ser conduzido através da folha de metal separando os canais adjacentes.

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



que é uma reação exotérmica, ocorrendo em uma temperatura elevada, tipicamente entre 190°C e 280°C, e uma pressão elevada tipicamente entre 1,8 MPa e 2,1 MPa (valores absolutos), na presença de um catalisador como

ferro, cobalto ou magnetita fundida. O catalisador preferido para a síntese Fischer-Tropsch compreende um revestimento de gama-alumina de área de superfície específica 140-230 m²/g, com cerca de 10-40% cobalto (em peso comparado com a alumina), e com um promotor como rutênio, platina ou gadolínio que é menor do que 10 % do peso do cobalto, e um promotor de basicidade, como óxido de lantânio.

Com referência agora à figura 1, o processo químico global é mostrado como um fluxograma em que são mostrados os componentes da planta. A alimentação de gás natural 5 consiste primariamente de metano com, neste exemplo, uma porcentagem de hidrocarbonetos superiores C₂ a C₁₁. Tipicamente, estes hidrocarbonetos superiores estão presentes em até 10% v/v dependendo da fonte de gás natural. A alimentação de gás 5 pode estar, por exemplo, a uma pressão de 1,0 MPa (10 atmosferas).

A pressão de gás é regulada por uma válvula 8 a 0,6 MPa e, então, o gás 5 é pré-aquecido a cerca de 400°C em um trocador térmico 10 usando o gás de exaustão quente da combustão catalítica, sendo então alimentado para um sistema de dessulfurização 12 de leito sólido. O gás natural 5 dessulfurizado é então misturado com vapor, por exemplo em um misturador 14 com vórtice de fluido. A mistura gás/vapor é aquecida em um trocador térmico 16 usando o gás de exaustão quente da combustão catalítica, de modo que a mistura de gás está a uma temperatura de 500°C. A mistura entra em um pré-reformador 18 adiabático, de leito fixo, onde contata um catalisador de metanação à base de platina/ródio ou níquel. Os hidrocarbonetos superiores reagem com o vapor para formar metano e CO.

O gás sai do pré-reformador 18 a uma temperatura menor, tipicamente 450°C. A pressão é então diminuída por uma válvula 19 a 0,45 MPa (pressão absoluta) antes de entrar no reformador 20. O reformador 20 é um reator catalítico compacto do tipo acima descrito, feito de uma pilha de

placas que definem trajetos de fluxo para reações endotérmicas e exotérmicas que estão em bom contato térmico, e que contém catalisadores apropriados. Os canais do reformador contêm, no reformador 20, um catalisador de reforma, e o vapor e o metano reagem para formar monóxido de carbono e hidrogênio. A temperatura no reformador aumenta de 450°C na entrada a cerca de 800 – 850°C na saída. As taxas de fluxo de vapor e gás supridas para o misturador 14 são tais que a relação molar vapor:carbono alimentada para o reformador 20 está entre 1,2-1,6 e preferivelmente entre 1,3 e 1,5. Dependendo do teor de hidrocarboneto superior do gás 5, a relação de vapor para carbono na entrada para o pré-reformador 18 precisará, assim, ser maior do que este valor.

O calor para as reações endotérmicas no reator de reformador 20 é suprido pela combustão catalítica de uma mistura de hidrocarbonetos de cadeia curta e hidrogênio que é o gás residual 22 da síntese Fischer-Tropsch; este gás residual 22 é combinado com um fluxo de ar provido por soprador de ar 24. A combustão ocorre sobre um catalisador de combustão dentro de canais de fluxo adjacentes dentro do reator de reforma 20. O trajeto do gás de combustão é co-corrente com relação ao trajeto do gás do reformador.

Uma mistura de monóxido de carbono e hidrogênio acima de 800°C emerge do reformador 20 e é resfriada bruscamente a abaixo de 400°C por sua passagem através de um trocador térmico 26 de aumento de vapor. Água é suprida para este trocador térmico 26 por uma bomba 28, e o vapor para o processo de reforma é, assim, suprido através de uma válvula de controle 30 para o misturador 14. A mistura de gás é ainda resfriada em um trocador térmico 32 com água de resfriamento a cerca de 60°C, de modo que a água em excesso condensa e é separada por passagem através de um ciclone 33 e um vaso separador 34. A mistura de gás é então comprimida por um compressor 36, a cerca de 2,5 vezes a pressão, sendo novamente resfriada por

um trocador térmico 40 antes de passar através de um segundo ciclone 41 e um vaso separador 42 para remover qualquer água que condense. A água separada é reciclada de volta ao circuito de elevação de vapor. O gás é então comprimido a 20 atmosferas (2,0 MPa) em um segundo compressor 44.

5 A corrente de monóxido de carbono e hidrogênio a pressão elevada é então alimentada para um reator catalítico Fischer-Tropsch 50, este sendo, novamente, um reator catalítico compacto formado de uma pilha de placas como descrito acima; a mistura de reagente flui através de um conjunto de canais, enquanto um fluido refrigerante flui através do outro conjunto.

10 Os produtos de reação da síntese Fischer-Tropsch, de modo predominante água e hidrocarbonetos, como parafinas, são resfriados para condensar os líquidos por passagem através de um trocador térmico 54 e um separador de ciclone 56 seguido por uma câmara de separação 58 em que as três fases, água, hidrocarbonetos e gases residuais, separam, e o produto
15 hidrocarboneto é estabilizado em pressão atmosférica. Os hidrocarbonetos que permanecem na fase de gás e gás hidrogênio em excesso (os gases residuais Fischer-Tropsch 22) são coletados e divididos. Uma proporção passa através de uma válvula de redução de pressão 60 de modo a fornecer o combustível para o processo de combustão catalítica no reformador 20 (como
20 descrito acima). Os gases residuais restantes 62 são alimentados para uma turbina de gás 63 que aciona um gerador 64 de energia elétrica.

25 A turbina de gás 64 gera toda a energia para a planta e tem a capacidade de exportar o excedente. As necessidades principais de energia elétrica da planta são os compressores 36 e 44, e as bombas 24 e 28; a eletricidade pode ser usada também para operar uma unidade de destilação à vácuo para fornecer água de processo para a geração de vapor.

 Com referência agora à figura 2, mostra-se um bloco de reator 70 apropriado para uso no reator Fischer-Tropsch 50, o bloco do reator 70 sendo

mostradas em seção e com os componentes separados para maior compreensão. O bloco do reator 70 consiste de uma pilha de placas planas 72 de espessura de 1 mm afastadas, de modo a definir canais para um fluido refrigerante se alternando com canais para a síntese Fischer-Tropsch. Os canais do fluido refrigerante são definidos por placas encasteladas 74 de espessura de 0,75 mm. A altura das encastelações (tipicamente na faixa de 1 a 4 mm) é de 2 mm neste exemplo, e tiras 76 de borda sólida, de 2 mm de espessura, são dispostas ao longo dos lados, e ligamentos sucessivos estão afastados em 6 mm (a disposição sendo descrita em maiores detalhes abaixo).

Os canais para a síntese Fischer-Tropsch tem uma altura de 5 mm, sendo definidos por barras 78 de seção quadrada, de 5 mm de altura, espaçadas em 350 mm e, assim, definindo canais de passagem direta.

Com referência agora à figura 3, o reator 50 é mostrada em seção, com o bloco reator 70 parcialmente em partes. Como acima mencionado, o bloco reator 70 consiste de uma pilha de placas planas 72, separadas umas das outras para definir canais de fluxo. As orientações de canais alternados na pilha são geralmente ortogonais. Cada placa plana 72 tem 1,0 mm de espessura e 1070 mm quadrados. Os canais para a reação Fischer-Tropsch contém folhas corrugadas 82 transportando catalisador, e estendidas retas através do bloco do reator 70 (do topo para o fundo, como mostrado), a partir de um coletor 83, em que a mistura de gás de síntese é provida em pressão elevada através de um tubo 84; as placas planas 72 são mantidas afastadas por barras 78, que tem uma seção transversal de 5 mm quadrados, correndo do topo para o fundo, e um espaçamento de 350 mm, de modo que se tem três destes canais lado-a-lado entre placas planas sucessivas 72. Para os canais de fluido refrigerante, as placas planas 72 são mantidas afastadas por folhas encasteladas 74; os canais de fluido refrigerante são constituído de uma tira longa de uma folha com 0,25 mm de espessura formada em

encastelações com 2 mm de altura, que tem uma largura de 6 mm correndo ao longo de seu comprimento. A tira encastelada é cortada em extensões 86 e estas são depositadas lado-a-lado par definir trajetos de fluxo transversais (em direções horizontais, como mostrado), de modo a prover um trajeto entre uma
5 abertura de entrada 87 e uma abertura de saída 88. As extremidades da tira encastelada 86, próximas destas aberturas 87 e 88, são cortadas de modo quadrado; as outras extremidades são cortadas a 45°, e peças triangulares 89 da tira encastelada são dispostas de modo a prover ligações entre as mesmas. Assim, o trajeto de fluxo global para o fluido refrigerante, como mostrado
10 pelas setas interrompidas, é um trajeto em ziguezague, que é parcialmente co-corrente com relação ao fluxo nos canais Fischer-Tropsch. As placas planas 72, as barras 78 e as tiras encasteladas 86 e 89 podem ser de liga de alumínio, por exemplo, tipo 3003 (alumínio com cerca de 1,2% manganês e 0,1% cobre).

A pilha é montada como descrito acima, e então ligada junto para
15 formar o bloco do reator 70, por exemplo, por solda forte. Os transportadores do catalisador de folha de metal corrugado 82, que incorporam um catalisador apropriado, são então inseridos nos canais para a síntese Fischer-Tropsch.

As setas interrompidas na figura 3 indicam que o bloco reator 70
20 permite que o fluido refrigerante passe três vezes através da largura dos canais Fischer-Tropsch, passando entre a entrada 87 e a saída 88; alternativamente, o fluido refrigerante passa apenas duas vezes através d largura, ou ainda novamente o fluido refrigerante pode passar mais de três vezes. As encastelações intimamente espaçadas nos canais do fluido refrigerante fornecem rigidez para resistir ao dobramento.

25 O bloco reator 70 é montado dentro de um vaso de pressão 90 de aço carbono, sendo suportado por barras de suporte 92. A superfície interna do vaso de pressão 90 pode ser revestida, por exemplo, com cromo, para suprimir a corrosão ou a formação de ferro carbonila. O vaso de pressão 90

pode ser cilíndrico, com extremidades hemisféricas. O tubo 84 para o gás de síntese, e os tubos 97 e 98 fornecendo fluido refrigerante para e a partir das aberturas 87 e 88, se estendem através da parede do vaso de pressão 90. Existe uma abertura de saída 96 para os produtos líquidos na base do vaso 90, e uma abertura de saída 100 para os produtos gasosos no topo do vaso 90.

Em uso do reator 50, o fluido refrigerante pode ser fornecido a 0,7 MPa, e o gás de síntese é suprido a 2,0 MPa. Os produtos da síntese Fischer-Tropsch, e gases não reagidos, emergem no vaso de pressão 90 do fundo do bloco do reator 70, e assim a pressão dentro do vaso de pressão 90 é também cerca de 2,0 MPa. As gotículas de líquido transportadas pela corrente de gás emergindo do bloco do reator 70 se soltam do fluxo de gás em bruto à medida que a velocidade diminui e caem para o fundo; as gotículas de líquido podem, ao contrário, impactar com superfícies dentro do vaso de pressão 90 e coalescer e assim o líquido flui descendentemente para o fundo e para fora da abertura de saída 96. Os gases restantes emergem através da abertura de saída 100 e são tratados como descrito com relação à figura 1.

Para suplementar os mecanismos de separação líquido/gás acima mencionados, também podem ser providos pacotes de remoção de névoa dentro do vaso de pressão 90. Alternativamente, ou adicionalmente, um separador ciclônico pode ser instalado dentro do vaso de pressão 90, este tendo uma entrada tangencial através da qual a corrente de gás (que pode conter gotículas) entra, uma saída de gás conectada à abertura de saída 100, e uma saída de líquido para as gotículas de líquido não arrastadas, isto preferivelmente se comunicando através de um tubo a abaixo do nível dos produtos líquidos na base do vaso 90.

Será apreciado que o uso do vaso de pressão 90 externo ajuda a reduzir a exigência para o metal proporcionar resistência ao bloco reator 70, de modo que não é solicitado a nenhuma parte do bloco reator resistir às

forças de tração. Os canais de fluido refrigerante estão sob compressão, mas são mantido substancialmente rígidos pelas tiras encasteladas 74. O vaso de pressão 90 assim permite ser obtida uma maior carga de catalisador por volume unitário. Isto é porque as placas, como 72, podem ser

5 significativamente mais finas, de modo que uma proporção maior do volume do bloco reator é ocupada pelos canais de fluxo, assim aumentando o vazio, de modo que o estoque do catalisador global pode ser aumentando. Por exemplo neste reator Fischer-Tropsch, a proporção do volume consistindo de material estrutural pode ser reduzida em mais que 70% a menos de 35%. Isto

10 também minimiza o momento de dobramento nas paredes dos canais de fluxo, assim reduzindo a distorção, de modo a melhorar o contato entre a folha do catalisador 82 e as paredes adjacentes e, deste modo, melhorando a transferência térmica e também tornando mais fácil a remoção ou inserção. Será notado que o vaso de pressão 90 tem uma geometria comparativamente

15 simples, de modo que pode ser projetado de acordo com os códigos existentes sobre vasos de pressão. Também, ele proporciona inerentemente uma contenção secundária no evento de vazamento do bloco reator 70; ele também apresenta uma forma que é fácil de isolar, e fácil de transportar e instalar; e o tamanho global do reator não é aumentado de modo significativo.

20 No caso do reator Fischer-Tropsch como visto na figura 3, nota-se o benefício de que o espaço entre o bloco reator 70 e o vaso 90 pode ser usado para iniciar a liberação de fase entre produtos de reação gasosos e líquidos, assim reduzindo o volume e os gastos dos separadores de produtos subseqüentes. Ainda se nota o benefício de que pode ser usado um material de

25 custo comparativamente baixo, como alumínio, para formar o bloco reator 70. Um outro benefício é que porque não se coloca nenhum coletor na extremidade inferior do bloco reator 70 (como visto), a substituição das folhas do catalisador 82 pode ser obtida facilmente, uma vez aberto o vaso de pressão 90.

REIVINDICAÇÕES

1. Reator catalítico compacto para síntese de Fischer-Tropsch (50), caracterizado pelo fato de compreender um módulo reator (70) definindo uma multiplicidade de primeiros e segundos canais de fluxo dispostos alternadamente no módulo (70), para transportar primeiros e segundos fluidos, respectivamente, o primeiro fluido sendo uma mistura de gases que sofre a síntese de Fischer-Tropsch e cuja pressão está acima da pressão ambiente, e o segundo fluido sendo um fluido refrigerante;

- em que cada canal de fluxo em que deve ocorrer uma reação química é definido por placas planas (72) mantidas afastadas por barras (78), se estende direto através do módulo reator (70) do topo para o fundo e contém uma estrutura de catalisador permeável a gás, removível (82), para a reação de síntese de Fischer-Tropsch;

- em que o módulo reator (70) é encerrado dentro de um vaso de pressão (90), a mistura de gás sendo disposta para fluir através de, pelo menos, parte do vaso de pressão (90) ou para alcançar os canais de fluxo para a reação de síntese, ou para deixar os canais de fluxo para a reação de síntese, de modo que o vaso de pressão (90) assim provê um primeiro estágio de separação entre as gotículas de líquido e o produto gasoso, a pressão dentro do vaso de pressão (90) sendo disposta para estar em uma pressão substancialmente igual a dos canais de reação de síntese de Fischer-Tropsch.

2. Reator, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o vaso de pressão (90) é de um material diferente do módulo reator (70).

3. Reator, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a proporção do volume do módulo reator (70) consistindo de material estrutural é menor do que 60%.

4. Reator, de acordo com reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que referida proporção é menor do que 50%.

5. Reator, de acordo com qualquer uma das reivindicações

precedentes, caracterizado pelo fato de que as placas planas (72) são mantidas afastadas por barras (78) e as barras (78) separam as placas planas (72) por 5 mm.

6. Reator, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que cada canal de fluxo para um fluido refrigerante é definido por placas planas (72) mantidas afastadas por folhas encasteladas (74).

7. Reator, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que os componentes (72, 74, 78) definindo os primeiro e segundo canais de fluxo compreendem uma liga de alumínio.

8. Planta para converter gás natural em hidrocarbonetos de cadeia mais longa que emprega um reator compacto para síntese de Fischer-Tropsch definido em qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de incorporar um reator de reforma a vapor e um reator de Fischer-Tropsch (50) para gerar um gás de síntese para gerar hidrocarbonetos de cadeia mais longa.

Fig.1.

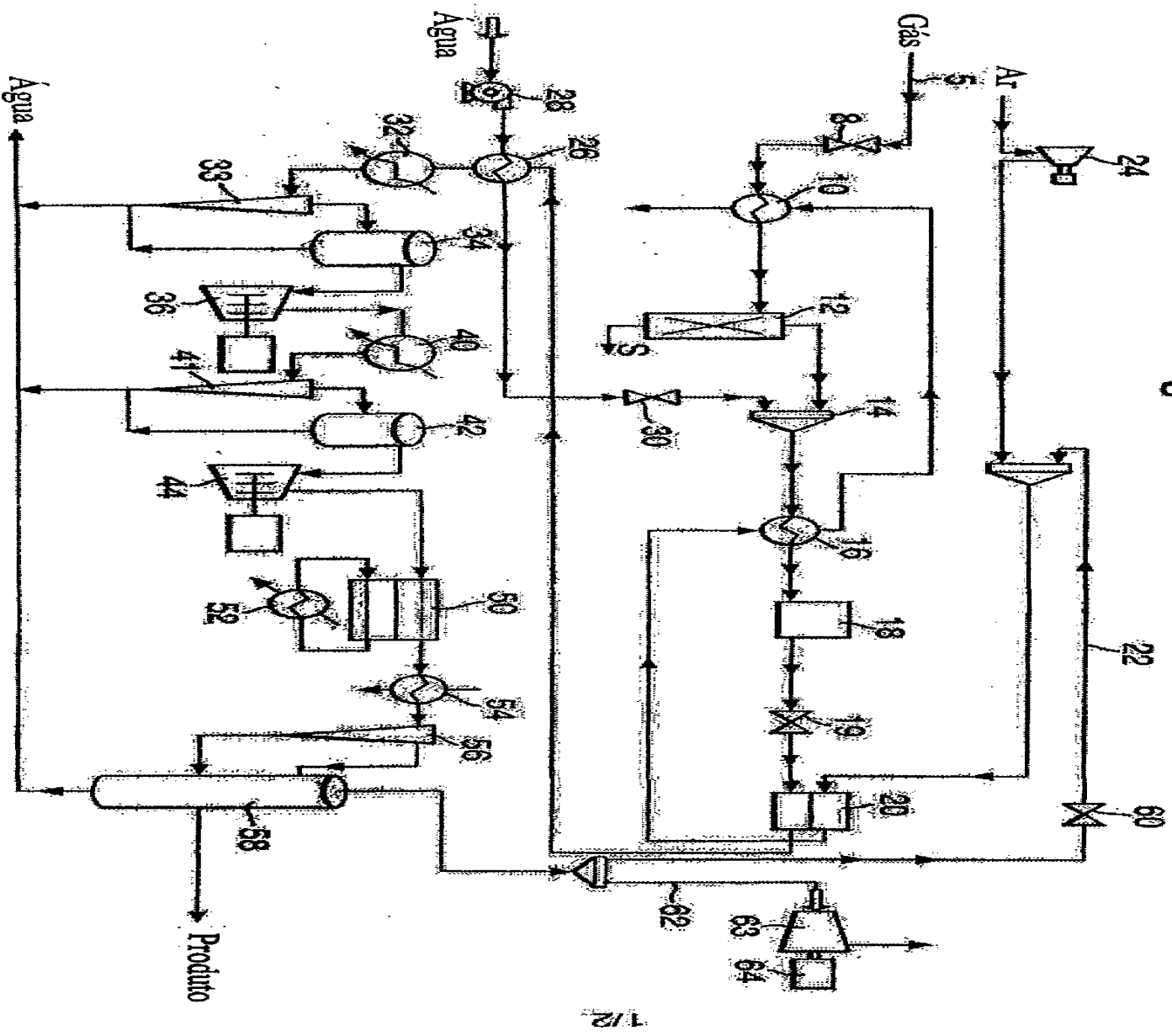


Fig. 2.

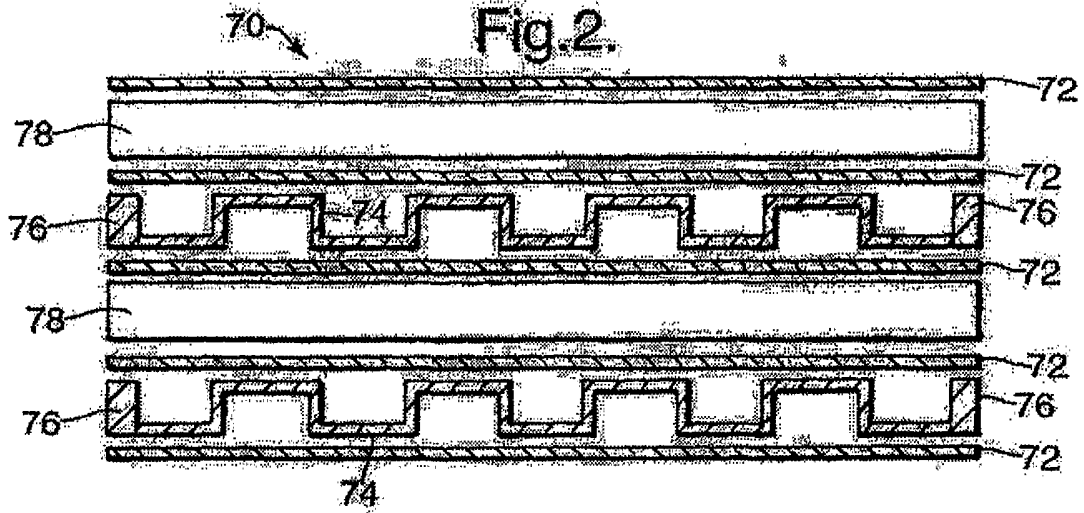
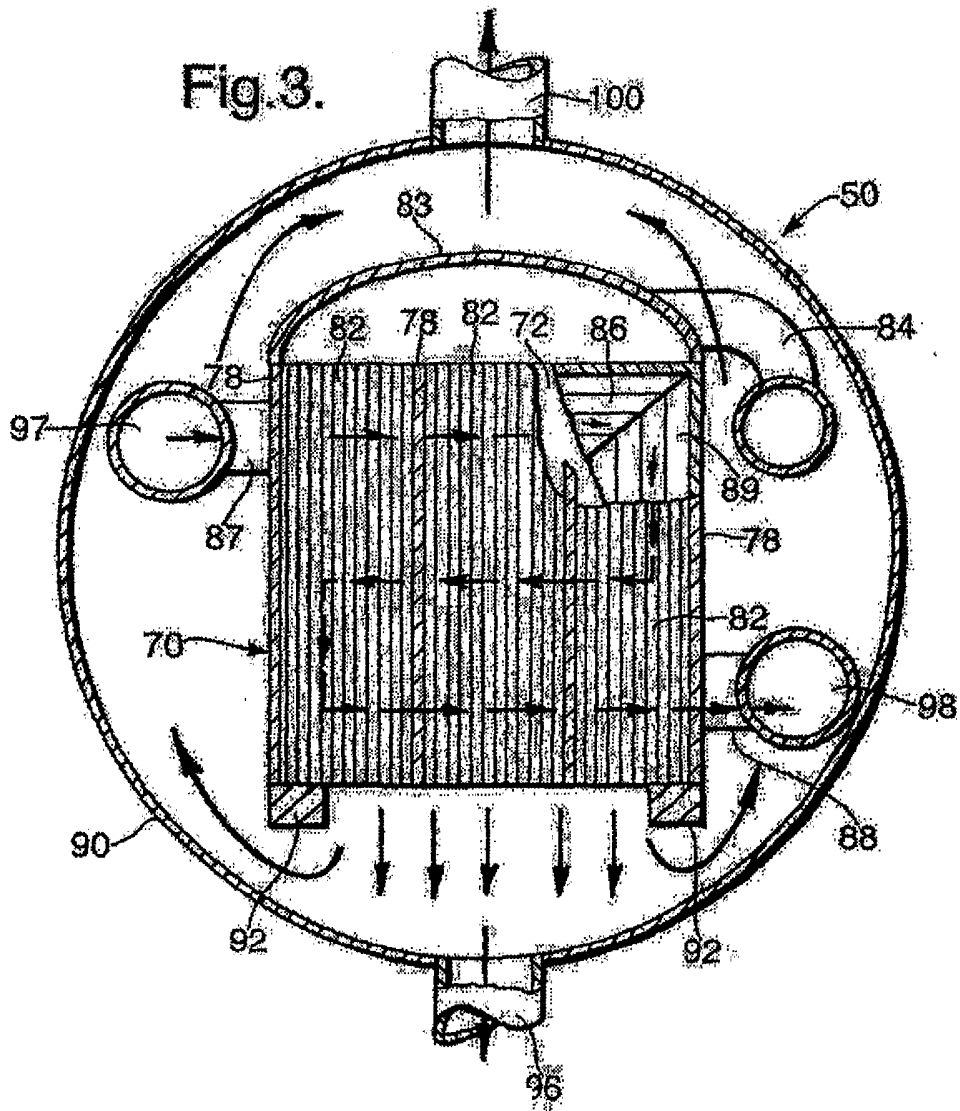


Fig. 3.



RESUMO

“REATOR CATALÍTICO COMPACTO PARA SÍNTESE FISCHER-TROPSCH, PLANTA PARA CONVERTER GÁS NATURAL EM HIDROCARBONETOS DE CADEIA MAIS LONGA, E REATOR FISCHER-TROPSCH”

Um reator catalítico compacto para síntese Fischer-Tropsch (50) compreende um módulo reator (70) definindo uma multiplicidade de primeiro e segundo canais de fluxo dispostos alternadamente, para transportar uma mistura de gás e um fluido refrigerante, respectivamente. Uma estrutura de catalisador (82) permeável a gás, removível, com um substrato, por exemplo, de folha de metal, é provida em cada canal de fluxo em que deve ocorrer a reação de síntese. O módulo reator (70) é encerrado dentro de um vaso de pressão (90), sendo a pressão dentro do vaso de pressão estabelecida para estar a uma pressão substancialmente igual à da mistura de gás de reação em alta pressão. Conseqüentemente, todos os canais de fluxo, dentro do módulo, estão ou na pressão de seu ambiente, ou estão sob compressão; nenhuma parte se encontra sob tensão. Isto simplifica o projeto do módulo, e aumenta a proporção do volume do reator que pode ser ocupada pelo catalisador.