



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

(21) **PI0618102-3 A2**

(22) Data de Depósito: 05/10/2006  
(43) Data da Publicação: 16/08/2011  
(RPI 2119)



(51) *Int.Cl.:*  
F22B 13/00 2006.01

(54) Título: **MÉTODO E APARELHO PARA GERAÇÃO DE VAPOR**

(30) Prioridade Unionista: 01/11/2005 US 11/264.126

(73) Titular(es): Celanese International Corporation

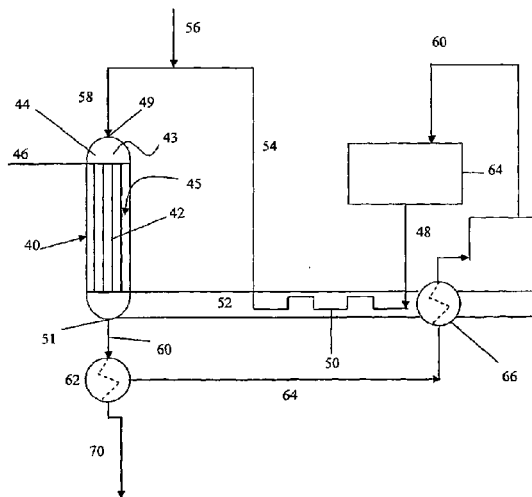
(72) Inventor(es): Mark Irl Chambers, Robert El Wade, Terry Allen Marshall

(74) Procurador(es): ORLANDO DE SOUZA

(86) Pedido Internacional: PCT US2006039150 de 05/10/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/053261 de 10/05/2007

(57) **Resumo:** MÉTODO E APARELHO PARA GERAÇÃO DE VAPOR. É propiciado aqui um processo para gerar vapor que compreende fornecer uma primeira corrente a um reformador de vapor para produzir uma segunda corrente que compreende essencialmente 100% de vapor de modo que a composição molecular da primeira corrente seja idêntica à composição molecular da segunda corrente, em que o reformador de vapor compreende uma entrada de reformador em comunicação defluido com uma saída de reformador, e pelo menos um tubo posicionado entre, e em comunicação de fluido com, a entrada de reformador e a saída de reformador; e em que pelo menos um tubo posicionado está em comunicação térmica com uma fornalha do reformador de vapor. É também descrito um reformador de vapor para produzir vapor.



## MÉTODO E APARELHO PARA GERAÇÃO DE VAPOR

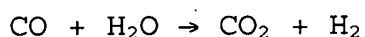
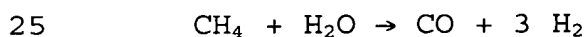
### CAMPO DA INVENÇÃO

Esta invenção refere-se a sistemas e processos para produzir vapor utilizando um reformador de vapor  
5 modificado.

### FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Um método conhecido para reformar combustíveis de hidrocarboneto gasosos ou líquidos é por reformação de vapor catalítica. Neste processo, uma mistura de vapor e do  
10 combustível de hidrocarboneto é exposta a um catalisador adequado em uma temperatura elevada. O catalisador utilizado contém normalmente um óxido de níquel depositado sobre uma base refratária de sílica baixa e o processo normalmente realiza-se em uma temperatura entre  
15 aproximadamente 700°C a aproximadamente 1.000°C. O catalisador é normalmente colocado em tubos em uma fornalha e a reação é realizada ao passar o gás através do catalisador. Metano e outros hidrocarbonetos reagem com o vapor nos tubos reatores para formar monóxido de carbono  
20 (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e hidrogênio.

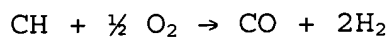
No caso de processos de reformação para metano ou gás natural (o processo de reformação), hidrogênio é liberado em um processo de reformação de vapor catalítico de acordo com as reações globais que se seguem:



Enquanto a segunda reação é ligeiramente exotérmica, a primeira reação é altamente endotérmica e exige uma fonte externa de calor e uma fonte de vapor. O calor necessário é  
30 normalmente fornecido pela combustão de gás combustível de

refinaria, gás de purificação absorvente de troca de pressão (PSA) e/ou outros gases combustíveis. Reformadores de vapor comerciais normalmente compreendem tubos preenchidos catalisadores, externamente aquecidos e  
5 normalmente possuem eficiências térmicas de 60% ou menos. Contudo, certos reformadores de vapor possuem eficiências mais elevadas. Reformadores de eficiência elevada exemplificativos são produzidos e vendidos por Davy Powergas.

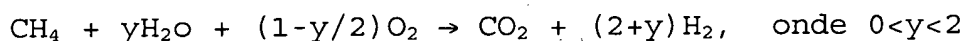
10 Outro método convencional para reformar um combustível de hidrocarboneto gasoso ou líquido é a reformação por oxidação parcial. Em reformação por oxidação parcial, uma mistura do combustível de hidrocarboneto e um oxigênio que contém gás são combinados dentro de uma câmara de oxidação  
15 parcial e submetidos a uma temperatura elevada, de preferência na presença de um catalisador. O catalisador utilizado é normalmente um metal nobre ou níquel e a temperatura elevada é normalmente entre aproximadamente 700°C a aproximadamente 1.200°C para reações catalisadas, a  
20 aproximadamente 1.200°C a aproximadamente 1.700°C para reações não-catalisadas. No caso de metano ou gás natural, o hidrogênio é liberado em uma câmara de oxidação parcial de acordo com a reação global que se segue:



25 Esta reação é altamente exotérmica e uma vez iniciada gera calor suficiente para ser auto-sustentada. Não é exigido nenhum fornecimento de calor ou fornecimento de vapor externo. A técnica de reformação por oxidação parcial catalítica é mais simples do que a técnica de reformação de  
30 vapor catalítica, mas não é tão termicamente eficiente

quanto a reformação de vapor catalítica.

Outro método para reformar um combustível de hidrocarboneto é a reformação autotérmica, ou "ATR". Um reformador autotérmico utiliza uma combinação de reformação de vapor e reformação por oxidação parcial. O calor desperdiçado da reação de reformação por oxidação parcial é utilizado para aquecer a reação de reformação termicamente de vapor. Um reformador autotérmico pode em muitos casos ser mais eficiente do que tanto um reformador de vapor catalítico quanto um reformador por oxidação parcial catalítico. Ao utilizar metano, ou gás natural, como o combustível de hidrocarboneto, hidrogênio é liberado de acordo com a reação global que se segue:



O produto final do processo de reformação é normalmente denominado gás de síntese. O gás de síntese (gás sin.) proveniente dos diversos processos de reformação discutidos acima pode ser utilizado em uma variedade de processos secundários. Por exemplo, gases de síntese podem ser utilizados em um processo que combina monóxido de carbono e hidrogênio para formar metanol na presença de um catalisador.

Como é evidente, é também bem conhecido utilizar o calor de diversos processos em uma instalação industrial para produzir vapor para gerar eletricidade para outros processos dentro da instalação. Sistemas exemplificativos que utilizam gases e vapor de exaustão quentes provenientes de diversos processos industriais que incluem a formação de gás de síntese que utiliza um reformador de vapor para produzir eletricidade são descritos nas Patentes U.S. Nos.

6.619.041 e 5.066.325.

Muitas instalações industriais, especificamente nos Estados Unidos, que possuem reformadores de vapor para a produção de monóxido de carbono e hidrogênio para uso na  
5 produção de metanol, agora possuem fontes relativamente não-dispendiosas de metanol disponíveis. Para o operador de muitas destas instalações industriais, é mais economicamente atraente adquirir o metanol e outros produtos a jusante de reformadores de vapor de um  
10 fornecedor do que é produzir o metanol e similares a partir de gases de síntese gerados por reformadores de vapor.

Como tal, existe uma necessidade para utilizar os reformadores de vapor existentes de uma forma que os grandes gastos de capital associados a estes sistemas  
15 possam ser recuperados, enquanto propiciam um benefício à instalação na qual o reformador de vapor está situado. Nestes tipos de instalações, os sistemas e processos descritos aqui são especificamente úteis para propiciar usos alternativos economicamente atrativos para  
20 reformadores de vapor que representam custos de capital fixos para a instalação.

#### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Esta descrição refere-se a sistemas e processos para a produção eficiente de vapor para uso em diversos processos  
25 industriais. Os sistemas e processos são propiciados ao modificar e/ou retro-instalar um sistema que inclui pelo menos um reformador de vapor existente. Em um aspecto da presente invenção, um processo para gerar vapor compreende as etapas de:

30 (i) fornecer um primeiro vapor a um reformador de

vapor,

em que a primeira corrente compreende essencialmente 100% em peso de água;

5 possui uma temperatura de aproximadamente 185°C ou superior;

uma pressão de aproximadamente 1.150 kPa ou superior;

e

pelo menos 50% em peso da primeira corrente está na forma de vapor;

10 em que o reformador de vapor compreende uma entrada de reformador em comunicação de fluido com uma saída de reformador, e pelo menos um tubo posicionado entre, e em comunicação de fluido com, a entrada de reformador e a saída de reformador; e

15 em que o pelo menos um tubo está em comunicação térmica com uma fornalha do reformador de vapor;

(ii) aquecer pelo menos uma porção da referida primeira corrente dentro do referido pelo menos um tubo para produzir uma segunda corrente que compreende 20 essencialmente 100% em peso de vapor em uma temperatura de aproximadamente 760°C ou superior e em uma pressão de 1.150 kPa ou superior de modo que a composição molecular da primeira corrente seja idêntica à composição molecular da segunda corrente; e

25 (iii) remover a referida segunda corrente da referida saída do referido reformador de vapor.

Em outro aspecto da presente invenção, um processo para gerar vapor compreende as etapas de:

(i) fornecer uma primeira corrente para um reformador 30 de vapor,

em que a primeira corrente compreende essencialmente 100% em peso de água;

possua uma temperatura entre aproximadamente 450<sup>0</sup>C a aproximadamente 550<sup>0</sup>C;

5 uma pressão entre aproximadamente 1.150 kPa a aproximadamente 4.600 kPa; e

pelo menos aproximadamente 80% em peso da primeira corrente esteja na forma de vapor;

em que o reformador de vapor compreende uma entrada de reformador em comunicação de fluido com a saída de reformador, e diversos tubos são posicionados entre, e em comunicação de fluido com, a entrada de reformador e a saída de reformador;

em que um material de embalagem inerte é dimensionado e arrumado com cada um dos diversos tubos para propiciar um fluxo turbulento dentro da primeira corrente, o material de embalagem compreendendo bolas, cerâmicas, cilindros, descansos, pelotas, pedras naturais, cascalho natural, ou uma combinação destes que possuem diâmetros entre aproximadamente 8 mm a aproximadamente 50 mm; e em que os tubos estão em comunicação térmica com uma fornalha do reformador de vapor;

(ii) aquecer pelo menos uma porção da referida primeira corrente dentro do referido pelo menos um tubo para produzir uma segunda corrente que compreende essencialmente 100% em peso de corrente superaquecida em uma temperatura de aproximadamente 760<sup>0</sup>C ou superior e em uma pressão de 1.150 kPa ou superior de modo que a composição molecular da primeira corrente seja idêntica à composição molecular da segunda corrente; e

(iii) remover a referida segunda corrente da referida saída do referido reformador de vapor.

Em ainda outro aspecto da presente invenção um processo para produzir vapor compreende as etapas de:

5       fornecer uma primeira corrente para um reformador de vapor em que a primeira corrente compreenda essencialmente 100% em peso de água, possua uma temperatura de aproximadamente 185<sup>o</sup>C ou superior, e uma pressão de aproximadamente 1.150 kPa ou superior, em que pelo menos  
10   80% em peso da primeira corrente esteja na forma de vapor;

      meios para aquecer a primeira corrente no reformador de vapor para produzir uma segunda corrente que possui uma temperatura mais elevada do que a primeira corrente em que a composição molecular da primeira corrente seja idêntica à  
15   composição molecular da segunda corrente; e

      meios para remover a segunda corrente da saída do reformador de vapor.

Em ainda outro aspecto da presente invenção, um reformador de vapor para produzir vapor compreende uma  
20   entrada de reformador em comunicação de fluido com uma saída de reformador, e diversos tubos posicionados entre, e em combinação de fluido com, a entrada de reformador e a saída de reformador;

      em que um material de embalagem de entrada é  
25   dimensionado e posicionado com cada um dos diversos tubos para propiciar um fluxo turbulento dentro da primeira corrente, o material de embalagem compreendendo bolas cerâmicas, cilindros, descansos, pelotas, pedras naturais, cascalho natural, ou uma combinação destes que possuem  
30   diâmetros entre aproximadamente 8 mm a aproximadamente 50

mm; e

em que os tubos estão em comunicação térmica com uma fornalha do reformador de vapor.

Os sistemas e processos descritos são especificamente  
5 úteis para produzir vapor em instalações que possuem um reformador de vapor previamente utilizado para produzir gases de síntese para fins tais como produção de metanol e em que a necessidade por tais gases de síntese não está mais presente ou é diminuída.

#### 10 BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Fig. 1 é uma representação esquemática de um sistema de aparelho de sistema reformador convencional.

A Fig. 2 é uma representação esquemática de uma modalidade de um sistema de aparelho de sistema reformador  
15 descrito na mesma.

A Fig. 3 é uma representação esquemática de uma modalidade de um sistema de aparelho de sistema reformador descrito na mesma.

#### DESCRIPÇÃO DETALHADA

20 Esta descrição refere-se a sistemas e processos para a produção eficiente de vapor para uso em diversos processos industriais. Os sistemas e processos descritos aqui fazem uso de reformadores de vapor projetados para produção de gás de síntese para produzir vapor para diversos fins.  
25 Normalmente reformadores de vapor são muito dispendiosos de construir e manter. Conseqüentemente, existem alternativas menos dispendiosas disponíveis para uso em instalações industriais para a produção geral de vapor. Contudo, em instalações em que o uso de um reformador de vapor  
30 existente não é mais necessário para a produção de gás de

síntese, descobriu-se que tal reformador de vapor pode propiciar um gerador eficiente de quantidades grandes de vapor. Por conseguinte, os sistemas e processos descritos aqui propiciam uma retro-instalação economicamente atrativa  
5 ou modificações de sistemas que incluem pelo menos um reformador de vapor existente, para produzir vapor para diversos usos industriais.

Tipos de reformadores de vapor adequados para uso de acordo com a presente invenção incluem reformadores  
10 tubulares, reformadores autotérmicos, reformadores adiabáticos, reformadores cilíndricos, e similares. A principal diferença entre estes reformadores é a maneira na qual o calor é aplicado para a reação de reformação endotérmica. Em um reformador tubular, o calor é fornecido  
15 através das paredes de um cilindro ao material catalisador (vide, por exemplo, a Patente U.S. No. 4.098.589). Em um reformador autotérmico, o calor é fornecido ao leito catalisador diretamente pelos gases aquecidos que entram no reformador (vide, por exemplo, a Patente U.S. No.  
20 3.976.507). Em um reformador cilíndrico, diversos reformadores são operados simultaneamente com um conjunto de reformadores que operam sob uma fase de combustão (que reagem combustível e ar) para propiciar o calor necessário para a fase de produção de hidrogênio, enquanto outro  
25 conjunto de reformadores é operado sob a fase de produção de hidrogênio (que reage hidrocarboneto e vapor), com uma troca de fases quando a temperatura dos reformadores na fase de produção de hidrogênio cai abaixo daquela necessária para sustentar a produção de hidrogênio (vide,  
30 por exemplo, a Patente U.S. No. 4.293.315). Em um

reformador adiabático, um trocador de calor convencional é utilizado para fornecer o calor necessário para o vapor e o hidrocarboneto antes da passagem para dentro do reformador de vapor. Em geral, reformadores de vapor adequados  
5 precisam meramente compreender uma entrada de reformador em comunicação de fluido com uma saída de reformador, um ou mais tubos posicionados entre, e em comunicação de fluido com, a entrada de reformador e a saída de reformador. Um ou mais tubos está de preferência em comunicação térmica com  
10 uma fornalha ou outra fonte de calor fornecido ao reformador de vapor. Conseqüentemente, um ou mais tubos são freqüentemente situados dentro de uma fornalha do reformador de vapor. Para os fins daqui, um ou mais tubos são utilizados normalmente para representar uma seção de  
15 reformador, em que a provisão de alimentação do reformador de vapor foi previamente contatada com um catalisador na presença de calor para realizar o processo de reformação em que a alimentação foi convertida no produto. Conseqüentemente, um ou mais tubos precisam não ser  
20 restritos a tubos que possuem uma seção transversal circular, mas incluem quaisquer dos diversos arranjos de estruturas e superfícies em que uma alimentação para reformador de vapor foi convertida em gás de síntese, ou outros produtos consistentes com a operação de reformador  
25 de vapor normal.

Nos sistemas e processos descritos aqui, uma primeira corrente é fornecida a uma entrada do reformador de vapor, que é em seguida aquecida dentro do reformador de vapor para produzir uma segunda corrente. De preferência, a  
30 primeira corrente é fornecida ao reformador de vapor em uma

temperatura entre aproximadamente 185°C a aproximadamente 350°C e em uma pressão entre aproximadamente 1.150 kPa a aproximadamente 4.600 kPa. A primeira corrente pode compreender essencialmente 100% em peso de água, e pode  
5 conter pelo menos 50% em peso, de preferência pelo menos 80% em peso de vapor, com qualquer porção restante da primeira corrente que inclui água (líquido) livre.

Isto está em contraste com correntes direcionadas a um reformador de vapor convencional, que pode conter entre  
10 aproximadamente 74% de água a aproximadamente 77% em peso de água na forma de vapor. É claro que algum vapor no reformador de vapor convencional é consumido na conversão da corrente de hidrocarboneto dentro do reformador. Contudo, normalmente a corrente que sai de um reformador de  
15 vapor operado na produção de gás de síntese contém entre aproximadamente 45% em peso a aproximadamente 53% em peso de vapor em excesso. Este vapor é normalmente recuperado do gás de síntese produzido no reformador de vapor em uma etapa de purificação posterior.

20 Nos sistemas e processos descritos aqui, o aparelho reformador é utilizado para converter uma primeira corrente em uma temperatura entre aproximadamente 185°C a aproximadamente 350°C e uma pressão entre aproximadamente 1.150 kPa a aproximadamente 4.600 kPa que contém  
25 essencialmente 100% em peso de água, em que entre aproximadamente 80% em peso a aproximadamente 100% em peso da água está na forma de vapor, com uma porção de não vapor que inclui água livre, para uma segunda corrente que compreende essencialmente 100% em peso de vapor em uma  
30 temperatura entre aproximadamente 760°C a aproximadamente

900°C e uma pressão entre aproximadamente 1.150 kPa a aproximadamente 4.600 kPa. É evidente que temperaturas e pressões mais elevadas de ambas a primeira corrente e a segunda corrente de produto estão dentro do âmbito da presente invenção, e dependendo das exigências dos sistemas no ambiente em que um reformador de vapor é operado.

O uso de um reformador de vapor para a produção geral de vapor conforme descrito aqui pode propiciar produção de vapor mais eficiente se comparada a sistemas convencionais tais como aquecedores, etc. A eficiência de produção de vapor é determinada em termos da quantidade de produção de vapor real em proporção à quantidade de calor teoricamente possível a partir da fonte de combustível utilizada na produção do calor fornecido ao reformador de vapor. Tais métodos são bem conhecidos na técnica. É evidente que a eficiência da produção do vapor de acordo com a presente invenção dependerá do projeto de um reformador de vapor específico. Contudo, reformadores de vapor de acordo com a presente invenção de preferência produzem vapor em taxas de eficiência de pelo menos 60%, de preferência pelo menos 70%, de preferência pelo menos 80%, e ainda mais preferivelmente pelo menos aproximadamente 83%. Sendo assim, sistemas de produção de vapor convencionais, tais como aquecedores acionados a gás normalmente produzem vapor em taxas de eficiência inferiores a 83%.

Foi inesperadamente descoberto que a seção de recuperação de calor de convecção de um reformador de vapor normal é normalmente superdimensionada em relação a um aquecedor convencional utilizado para produção de vapor. Acredita-se que este atributo de reformadores de vapor

permite eficiência térmica aperfeiçoada se comparado a sistemas de produção de vapor convencionais.

Contudo, mesmo se o aparelho reformador de vapor existente for capaz de produzir vapor em uma taxa de  
5 eficiência elevada, a presente invenção permanece uma alternativa viável tal como um aparelho retro-instalado e/ou operado conforme descrito aqui pode apresentar uma fonte de vapor confiável com custo de capital inferior a expandir ou construir instalações de geração de vapor.

10 Em uma modalidade da presente invenção, um processo para gerar vapor compreende as etapas de:

(i) fornecer uma primeira corrente a um reformador de vapor,

em que a primeira corrente compreende essencialmente  
15 100% em peso de água; possui uma temperatura entre aproximadamente 185°C a aproximadamente 350°C; uma pressão entre aproximadamente 1.150 kPa a aproximadamente 4.600 kPa; e pelo menos aproximadamente 80% em peso da primeira corrente está na forma de vapor;

20 em que o reformador de vapor compreende uma entrada de reformador em comunicação de fluido com uma saída de reformador, e pelo menos um tubo posicionado entre, e em comunicação de fluido com, a entrada de reformador e a saída de reformador; e

25 em que o pelo menos um tubo está em comunicação térmica com uma fornalha do reformador de vapor;

(ii) aquecer pelo menos uma porção da referida corrente dentro do referido pelo menos um tubo para produzir uma segunda corrente que compreende essencialmente  
30 100% em peso de vapor em uma temperatura entre

aproximadamente 760°C a aproximadamente 900°C e em uma pressão entre aproximadamente 1.150 kPa a aproximadamente 4.600 kPa; e

(iii) remover a referida segunda corrente da saída do reformador de vapor.

A Fig. 1 do estado da técnica anterior propicia uma representação esquemática de um aparelho reformador de vapor convencional como uma parte integral de um sistema reformador de vapor. Um reformador de vapor convencional 2 pode normalmente incluir uma fornalha 3 em comunicação térmica com um ou mais tubos preenchidos de catalisador 4 através do que uma mistura de vapor e gás de hidrocarboneto pode ser direcionada a partir de uma entrada de reformador 9 para uma saída de reformador 11. Uma fonte de gás combustível 6 propicia energia para manter a fornalha 3, e sendo assim o reformador 2 em uma temperatura entre aproximadamente 900°C a aproximadamente 1.050°C. Na modalidade mostrada, uma fonte de ar de combustão 8 é propiciada para o reformador 2 para fornecer oxigênio para a fornalha 3.

Em uma operação típica, uma corrente de gás de hidrocarboneto 10 tal como uma corrente de gás combustível de metano é misturada e aquecida com uma corrente de água que contém vapor e/ou água em excesso 12 em um dispositivo tal como um umidificador 14. A mistura é em seguida removida do umidificador 14 como corrente misturada 16. A corrente misturada 16 é em seguida normalmente pré-aquecida à medida que se desloca através de permutadores/tubulação de calor 18, que podem ser posicionados dentro de um gás de exaustão 20 de um reformador de vapor 2 produzido em

fornalha 3. A corrente misturada 16 é aquecida para produzir uma corrente pré-aquecida 22. A razão molar de vapor (isto é,  $H_2O$ ) para carbono em corrente pré-aquecida 22 normalmente varia entre 2,6 e 3,2. Conseqüentemente, a água presente em corrente pré-aquecida 22 normalmente varia entre 74% em peso e 77% em peso, com base no peso total de corrente misturada 16. A corrente pré-aquecida 22 pode em seguida ser direcionada através da entrada de reformador 9, e através de tubos preenchidos de catalisador 4, onde a corrente misturada 16 é aquecida dentro do reformador 2 e a reação de reformaçãõ acima descrita toma lugar para produzir gás de síntese.

Conseqüentemente, sob operação de reformador de vapor normal, dentro de tubos preenchidos de catalisador 4, metano e quantidades menores de outros hidrocarbonetos e água administrados em corrente pré-aquecida 22 são convertidos em monóxido de carbono, dióxido de carbono e hidrogênio de acordo com a fórmula estabelecida acima para produzir uma corrente de gás de síntese úmida 24 que contém vapor em excesso. O vapor em excesso pode em seguida ser recuperado da corrente de gás de síntese úmida 24 por meios convencionais, normalmente ao condensar o vapor de saída como água em uma corrente de reciclagem de água 26. A corrente de reciclagem de água 26 pode em seguida ser reutilizada no processo de reformador ou outros processos (por exemplo, reciclado de volta para a corrente de água 12). O gás de síntese concentrado resultante 28 pode em seguida ser utilizado nos diversos processos, conforme descrito acima, incluindo produção de metanol.

A Fig. 2 propicia uma representação esquemática de uma

modalidade de um reformador de vapor de acordo com a presente invenção. Os sistemas e processos descritos aqui nos quais inclui-se um arranjo de reformador de vapor de produção de gás de síntese convencional conforme mostrado na Fig. 1 que foi alterado ou modificado para a produção de vapor ao invés de gás de síntese e vapor em excesso.

Na modalidade mostrada, um reformador modificado 40 é mostrado tendo uma fornalha 43 em comunicação térmica com um ou mais, normalmente diversos tubos 42. Uma fonte de gás combustível 44 e uma fonte de ar de combustão 46 são consumidas dentro da fornalha 43 para propiciar energia (calor) para manter o reformador modificado 40 em uma temperatura de pelo menos 850°C, mais preferivelmente entre aproximadamente 850°C a aproximadamente 950°C. Uma corrente de alimentação 48 que compreende até aproximadamente 20% em peso de água livre e entre aproximadamente 80% em peso a aproximadamente 100% em peso de vapor, e que possui uma temperatura entre aproximadamente 185°C a aproximadamente 350°C e uma pressão entre aproximadamente 1.025 kPa a aproximadamente 2.170 kPa é fornecida à entrada 49 do reformador de vapor modificado 40. Conforme mostrado na Figura 2, a corrente de alimentação 48 pode ser pré-aquecida à medida que se desloca através de permutadores de calor e encanamento 50 posicionados dentro de uma saída de gás de exaustão quente 52 de reformador modificado 40 para produzir corrente pré-aquecida 54. A corrente pré-aquecida 54 está de preferência em uma temperatura entre aproximadamente 450°C a aproximadamente 550°C e uma pressão entre aproximadamente 1.825 kPa a aproximadamente 2.170 kPa.

A corrente de água 56 pode também propiciar água à corrente de pré-aquecimento 54 para produzir uma primeira corrente 58. Em uma modalidade, a corrente de água 56 propicia água para uma corrente pré-aquecida 54 em uma  
5 quantidade suficiente para produzir até 20% em peso de água livre na primeira corrente 58. De preferência, a quantidade de água propiciada pela corrente de água 56 pode ser qualquer quantidade igual a ou inferior à quantidade necessária para propiciar 20% em peso de água livre na  
10 primeira corrente 58.

Em certas modalidades, a quantidade de água propiciada pela corrente de água 56 é uma quantidade suficiente para produzir a primeira corrente 58 em um estado saturado. Em outras modalidades, a quantidade de água propiciada pela  
15 corrente de água 56 é uma quantidade suficiente para propiciar uma primeira corrente 58 entre aproximadamente 1% em peso a aproximadamente 20% em peso de água livre. Em modalidades adicionais, a quantidade de água propiciada pela corrente de água 56 é uma quantidade suficiente para  
20 propiciar uma primeira corrente 58 entre aproximadamente 5% em peso a aproximadamente 15% em peso de água livre. Em ainda outras modalidades, a quantidade de água propiciada pela corrente de água 56 é uma quantidade suficiente para propiciar uma primeira corrente 58 entre aproximadamente 5%  
25 em peso a aproximadamente 10% em peso de água livre.

A primeira corrente 58 propiciada para entrada de reformador 49 de preferência possui uma temperatura acima de 185°C, de preferência a primeira corrente 58 possui uma temperatura entre aproximadamente 185°C a aproximadamente  
30 550°C, mais preferivelmente a primeira corrente 58 possui

uma temperatura entre aproximadamente 450°C a aproximadamente 550°C.

A primeira corrente 58 de preferência possui uma pressão de pelo menos aproximadamente 1.150 kPa, de preferência a primeira corrente 58 possui uma pressão entre aproximadamente 1.150 kPa a aproximadamente 4.600 kPa, com uma pressão entre aproximadamente 1.825 kPa a aproximadamente 2.170 kPa sendo mais preferido.

Pelo menos uma porção da primeira corrente 58, de preferência toda a primeira corrente 58 é em seguida direcionada através da entrada de reformador 49, através de diversos tubos 42, e em seguida removida do reformador modificado 40 através da saída de reformador 51. Nos processos e sistemas descritos aqui, tubos 42 no reformador modificado 40 propiciam um espaço de residência para a primeira corrente 58 para absorver a energia de aquecimento gerada dentro da fornalha 43 de reformador modificado 40 para produzir uma segunda corrente 60 que compreende aproximadamente 100% em peso de água na forma de vapor, de preferência vapor superaquecido, que sai do reformador modificado 40 através da saída do reformador 51.

Em uma modalidade preferida, essencialmente toda a segunda corrente 60 é vapor superaquecido. De preferência, uma segunda corrente 60 possui uma temperatura de pelo menos 760°C, de preferência entre aproximadamente 760°C a aproximadamente 900°C e uma pressão de pelo menos 1.150 kPa, mais preferivelmente entre 1.150 kPa a aproximadamente 4.600 kPa.

Tubos 42 precisam estar em comunicação térmica com uma fonte de calor. Conseqüentemente, os tubos 42 precisam ser

compreendidos de um material termicamente condutivo. Os tubos 42 são de preferência compreendidos de ligas de ferro (aço), de preferência as denominadas superligas que inibem a corrosão e propiciam transferência de calor eficiente. Em 5 uma modalidade, os tubos 42 podem compreender uma liga resistente a calor, de preferência Paralloy disponível de Doncasters Ltd., Melbourne ou similar.

Em uma modalidade, tubos 42 não propiciam uma reação catalítica. Como tal, a composição molecular da primeira 10 corrente 58 é idêntica à composição molecular da segunda corrente 60. O único processo que se realiza com o reformador de vapor modificado 40 é o aumento na temperatura e/ou alteração de fase de água líquida para vapor.

15 Em outra modalidade, tubos 42 podem compreender um material de embalagem 45 que propicia um fluxo turbulento dentro da primeira corrente 58 à medida que a mesma é aquecida dentro dos tubos 42. Conseqüentemente, o material de embalagem 45 pode incluir qualquer material que 20 aperfeiçoa transferência de calor entre a fornalha 43 (e sendo assim tubos 42) e a primeira corrente 58. Em uma modalidade, o material de embalagem 45 pode incluir catalisador de reformador convencional. O material de embalagem 45 pode assim propiciar características de fluxo 25 dentro de tubos 42 que funcionam para garantir a mistura e mesmo aquecimento da primeira corrente 58. Os tubos 42 podem também ser modificados para aumentar a área de superfície, para conferir fluxo turbulento, ou similar, para aperfeiçoar a eficiência de transferência de calor 30 entre a fornalha 43 e a primeira corrente 58.

Em outra modalidade, o material de embalagem 45 pode compreender partículas de um material inerte posicionado e posicionado dentro de tubos 42 para propiciar fluxo turbulento, e assim garantir mesmo transferência de calor para a primeira corrente 54. Em uma modalidade, o material de embalagem pode compreender bolas cerâmicas, cilindros, descansos, pelotas, e/ou similares, que incluem aqueles comercialmente disponíveis sob a designação Denstone da Norton Chemical Product Division.

10 O material de embalagem 45 de preferência compreende bolas ou pelotas que possuem diâmetros entre aproximadamente 8 mm a aproximadamente 50 mm. Em outras modalidades, os tubos 42 podem conter material de embalagem 45 que compreende pedras naturais ou cascalho.

15 Ao sair do reformador modificado 40 através da saída de reformador 51, a segunda corrente 60 pode em seguida ser utilizada para propiciar uma fonte de vapor e calor para diversos usos por todo um complexo industrial.

Na modalidade representada na Fig. 2, a segunda corrente 60 é mostrada orientada para um trocador de calor 62 em que uma porção do valor de energia de segunda corrente 60 é transferida para uma corrente de empresa de serviços públicos 64 que pode ser uma corrente de água de alimentação de aquecedor em uma temperatura entre 25 aproximadamente 90°C a aproximadamente 300°C e pressão entre aproximadamente 1.825 kPa a aproximadamente 4.600 kPa. A corrente de empresa de serviços públicos 64 pode em seguida ser direcionada para outro trocador de calor 66 posicionado dentro do gás de exaustão 52 do reformador 30 modificado 40 para aumentar ainda mais a temperatura da

corrente de empresa de serviços públicos 64. Eventualmente, a corrente de empresa de serviços públicos 64 pode em seguida ser direcionada para um dispositivo de separação de vapor 68, em que a corrente de empresa de serviços públicos 5 64 pode ser combinada com a água de construção para produzir corrente de alimentação 48. Ao fazer isso, pelo menos uma porção do calor propiciado pela segunda corrente 60 pode ser reciclada de volta para dentro do reformador modificado 40.

10 Como é também mostrado na Fig. 2, após sair do trocador de calor 62, a corrente 60 torna-se a terceira corrente 70, de preferência com uma temperatura entre aproximadamente 225°C a aproximadamente 350°C e uma pressão entre aproximadamente 1.150 kPa a aproximadamente 2.170 kPa 15 com teor de calor suficiente para ser efetivamente utilizado como uma fonte de calor para diversos usos por todo o complexo industrial no qual o reformador está situado. Em uma modalidade, a corrente 70 é utilizada no todo ou em parte como um fornecimento de sistema de vapor 20 de instalação.

A modalidade mostrada na Fig. 3 propicia uma representação esquemática de outra modalidade dos sistemas e processos descritos aqui nos quais o arranjo de reformador de produção de gás de síntese na Fig. 1 é 25 alterado para a produção de vapor.

Similar à Fig. 2, a segunda corrente 60 pode ser encaminhada através do trocador de calor 62, a terceira corrente 70 pode em seguida ser encaminhada através de outro trocador de calor 72 para transferir ainda mais calor 30 para a corrente de água de empresa de serviços públicos 64,

que pode ser uma corrente de água de alimentação de aquecedor. Ao invés de um mecanismo de transferência sensível a calor como pode ser encontrado em trocador de calor 62, o trocador de calor 72 pode ser um trocador de calor latente, um trocador de calor condensado, ou similares. O vapor final não condensado 76 que sai do permutador 72 pode possuir ainda teor de calor suficiente para ser efetivamente utilizado como uma fonte de vapor para diversos usos por todo o complexo industrial no qual o reformador está situado. Em uma modalidade, a corrente final 76 é utilizada no todo ou em parte como fornecimento de sistema de vapor de instalação.

A modelagem do projeto representado na Fig. 2, indica que foi conduzido utilizando um padrão "Reformador Davey" consistente com os projetos de aproximadamente 1978. A modelagem indica que entre 77.000 kg/h e 113.000 kg/h de vapor a 1.825 kPa e 275<sup>o</sup>C podem ser produzidos utilizando 291 milhões de BTUs por hora de reformador. A entrada de calor exigida foi determinada para ser entre aproximadamente 60 MW e 88 MW. Outros reformadores dimensionados possuirão saídas proporcionais com entradas de calor racionadas similares.

Com relação às diversas faixas estabelecidas aqui anteriormente, qualquer limite superior recitado pode, é evidente, ser combinado com qualquer limite inferior para sub-faixas selecionadas.

Embora as diversas modalidades e suas vantagens tenham sido descritas em detalhes, deverá ser entendido que diversas modificações, substituições, e alterações poderiam ser feitas sem se afastar do espírito e âmbito das

invenções conforme definido pelas reivindicações que se seguem.

## REIVINDICAÇÕES

1. Processo para gerar vapor, caracterizado pelo fato de compreender:

5 (i) fornecer uma primeira corrente para um reformador de vapor,

em que a primeira corrente compreende essencialmente 100% em peso de água;

possui uma temperatura de 185°C ou maior;

10 uma pressão de aproximadamente 1.150 kPa ou maior; e pelo menos aproximadamente 50% em peso da primeira corrente está na forma de vapor;

em que o reformador de vapor compreende uma entrada de reformador em comunicação de fluido com uma saída de reformador, e pelo menos um tubo posicionado entre, e em 15 comunicação de fluido com, a entrada de reformador e a saída de reformador; e

em que o pelo menos um tubo está em comunicação térmica com uma fornalha do reformador de vapor;

20 (ii) aquecer pelo menos uma porção da referida primeira corrente dentro do referido pelo menos um tubo para produzir uma segunda corrente que compreende essencialmente 100% em peso de vapor em uma temperatura de aproximadamente 760°C ou superior e em uma pressão de 1.150 kPa ou superior de modo que a composição molecular da 25 primeira corrente seja idêntica á composição molecular da segunda corrente; e

(iii) remover a referida segunda corrente da referida saída do referido reformador de vapor.

2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, 30 caracterizado pelo fato do pelo menos um tubo compreender

paralloy.

3. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de pelo menos um tubo compreender diversos tubos.

5 4. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato do material de embalagem inerte ser dimensionado e posicionado com pelo menos um tubo para propiciar um fluxo turbulento dentro da primeira corrente.

10 5. Processo, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato do material de embalagem incluir catalisador de reformador convencional.

6. Processo, de acordo com a reivindicação 4 ou 5, caracterizado pelo fato do material de embalagem  
15 compreender partículas de um material inerte.

7. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4, 5 ou 6, caracterizado pelo fato do material de embalagem compreender bolas cerâmicas, cilindros, descansos, pelotas, ou uma combinação destes.

20 8. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4, 5, 6 ou 7, caracterizado pelo fato do material de embalagem compreender bolas ou pelotas que possuem um diâmetro entre aproximadamente 8 mm a aproximadamente 50 mm.

25 9. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4, 5, 6, 7 ou 8, caracterizado pelo fato do material de embalagem compreender pedras naturais, cascalho, ou uma combinação destes.

30 10. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ou 9, caracterizado

pelo fato da primeira corrente compreender entre aproximadamente 0% em peso a aproximadamente 20% em peso de água livre transportada por vapor em uma temperatura entre aproximadamente 185<sup>o</sup>C ou mais a aproximadamente 230<sup>o</sup> e uma  
5 pressão entre 1.150 kPa a aproximadamente 2.170 kPa.

11. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ou 10, caracterizado pelo fato da primeira corrente compreender entre aproximadamente 20% em peso ou menos de água livre.

10 12. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ou 11, caracterizado pelo fato da primeira corrente compreender entre aproximadamente 5 a 15% em peso de água livre.

15 13. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ou 12, caracterizado pelo fato da primeira corrente compreender entre aproximadamente 5 a aproximadamente 10% em peso de água livre.

20 14. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ou 13, caracterizado pelo fato da primeira corrente estar a uma temperatura entre aproximadamente 185<sup>o</sup>C a aproximadamente 550<sup>o</sup>C.

25 15. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 ou 14, caracterizado pelo fato da primeira corrente estar a uma temperatura entre aproximadamente 450<sup>o</sup>C a aproximadamente 550<sup>o</sup>C.

30 16. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13,

14 ou 15, caracterizado pelo fato da primeira corrente estar em uma pressão entre aproximadamente 1.150 kPa a aproximadamente 4.600 kPa.

5 17. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 ou 16, caracterizado pelo fato da primeira corrente estar em uma pressão entre aproximadamente 1.150 kPa a aproximadamente 2.170 kPa.

10 18. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 ou 17, caracterizado pelo fato da segunda corrente consistir essencialmente de vapor superaquecido.

15 19. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 ou 18, caracterizado pelo fato da segunda corrente estar a uma temperatura entre aproximadamente 760°C a aproximadamente 900°C e uma pressão entre 1.150 kPa a aproximadamente 4.600 kPa.

20 20. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 ou 19, caracterizado pelo fato da primeira corrente ser aquecida utilizando um gás de exaustão proveniente da fornalha de reformador de vapor antes de propiciar a primeira corrente ao reformador de vapor.  
25

21. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 ou 20, caracterizado pelo fato da primeira corrente ser aquecida no reformador de vapor para  
30 produzir a segunda corrente em uma eficiência de pelo menos

80%.

22. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 ou 21, caracterizado pelo fato de compreender ainda a etapa de esfriar a segunda corrente em um trocador de calor térmico até uma temperatura entre aproximadamente 200°C a aproximadamente 320°C que segue a remoção da segunda corrente do reformador de vapor.

23. Processo, de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato da segunda corrente ser esfriada no trocador de calor térmico com água de alimentação de aquecedor.

24. Processo para gerar vapor, caracterizado pelo fato de compreender:

(i) fornecer uma primeira corrente para um reformador de vapor,

em que a primeira corrente compreende essencialmente 100% em peso de água;

possui uma temperatura entre aproximadamente 450°C a aproximadamente 550°C;

uma pressão entre aproximadamente 1.150 kPa a aproximadamente 4.600 kPa; e

pelo menos aproximadamente 80% em peso da primeira corrente está na forma de vapor;

em que o reformador de vapor compreende uma entrada de reformador em comunicação de fluido com uma saída de reformador, e pelo menos um tubo posicionado entre, e em comunicação de fluido com, a entrada de reformador e a saída de reformador;

em que o material de embalagem inerte é dimensionado e

posicionado com cada um dos diversos tubos para propiciar um fluxo turbulento dentro da primeira corrente, o material de embalagem compreendendo bolas cerâmicas, cilindros, descansos, pelotas, pedras naturais, cascalho, ou uma  
5 combinação destes que possuem diâmetros entre aproximadamente 8 mm a aproximadamente 50 mm; e em que os tubos estão em comunicação térmica com uma fornalha do reformador de vapor;

(ii) aquecer pelo menos uma porção da referida  
10 primeira corrente dentro do referido pelo menos um tubo para produzir uma segunda corrente que compreende essencialmente 100% em peso de vapor em uma temperatura de aproximadamente 760°C ou superior e em uma pressão de 1.150 kPa ou superior de modo que a composição molecular da  
15 primeira corrente seja idêntica à composição molecular da segunda corrente; e

(iii) remover a referida segunda corrente da referida saída do referido reformador de vapor.

25. Sistema para produzir vapor, caracterizado pelo  
20 fato de compreender:

fornecer uma primeira corrente para um reformador de vapor em que a primeira corrente compreende essencialmente 100% em peso de água;

possuir uma temperatura de aproximadamente 185°C ou  
25 superior e uma pressão de aproximadamente 1.150 kPa ou superior, em que pelo menos 80% em peso da primeira corrente esteja na forma de vapor;

meios para aquecer a primeira corrente no reformador de vapor para produzir uma segunda corrente que possui uma  
30 temperatura mais elevada do que a primeira corrente em que

a composição molecular da primeira corrente é idêntica à composição molecular da segunda corrente; e

meios para remover a segunda corrente de uma saída do reformador de vapor.

5           26. Reformador de vapor para produzir vapor, caracterizado pelo fato de compreender uma entrada de reformador em comunicação de fluido com uma saída de reformador, e diversos tubos posicionados entre, e em comunicação de fluido com, a entrada de reformador e a  
10 saída de reformador;

em que o material de embalagem está dimensionado e posicionado com cada um dos diversos tubos para propiciar um fluxo turbulento dentro da primeira corrente, o material de embalagem compreendendo bolas cerâmicas, cilindros,  
15 descansos, pelotas, pedras naturais, cascalho, ou uma combinação destes que possuem diâmetros entre aproximadamente 8 mm a aproximadamente 50 mm; e

em que os tubos estão em comunicação térmica com uma fornalha do reformador de vapor.

**FIG. 1**

Técnica Anterior

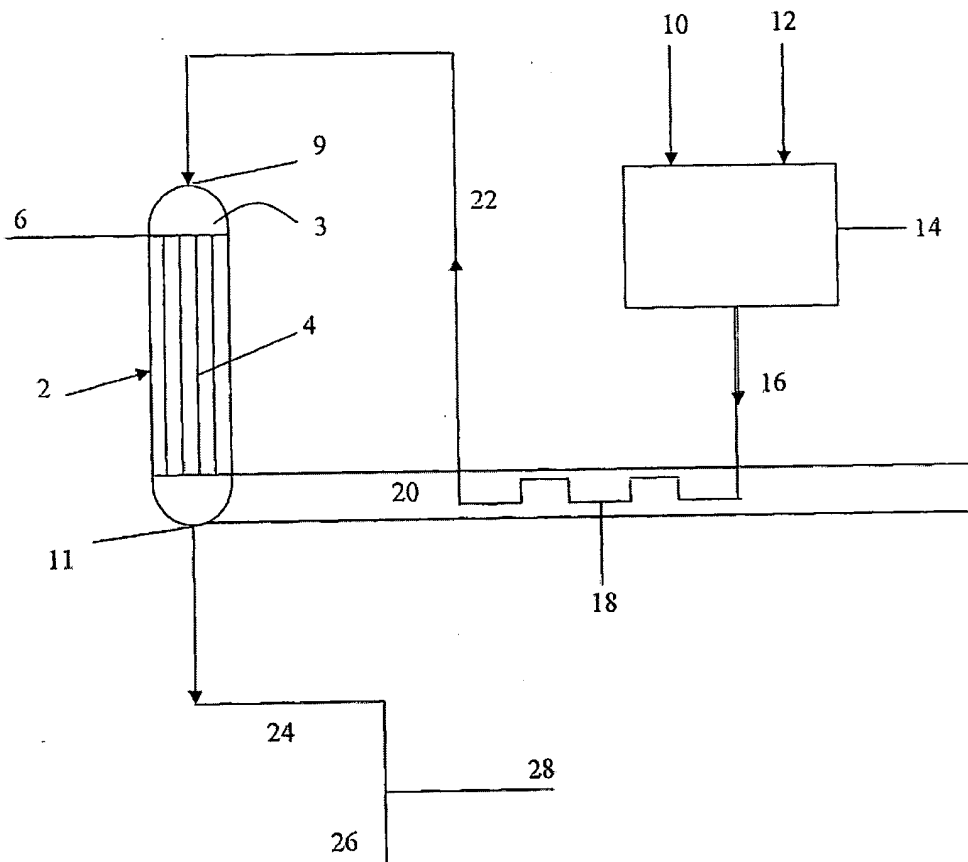


FIG. 2

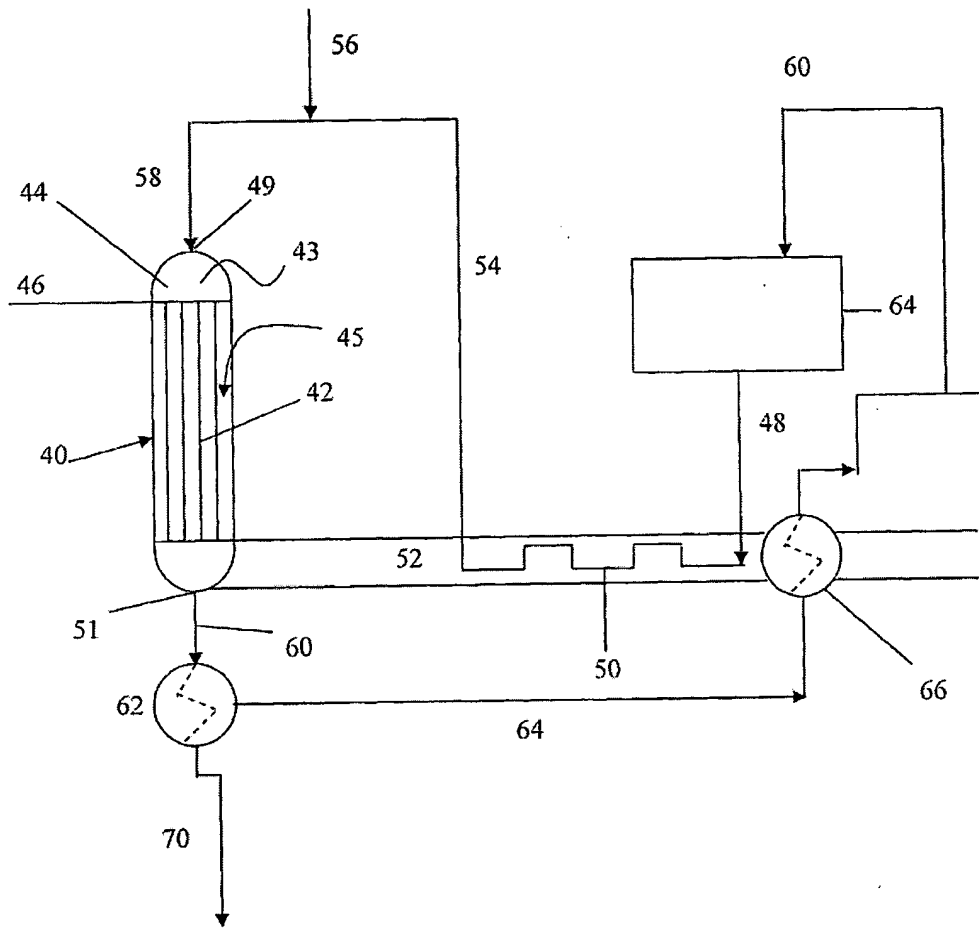
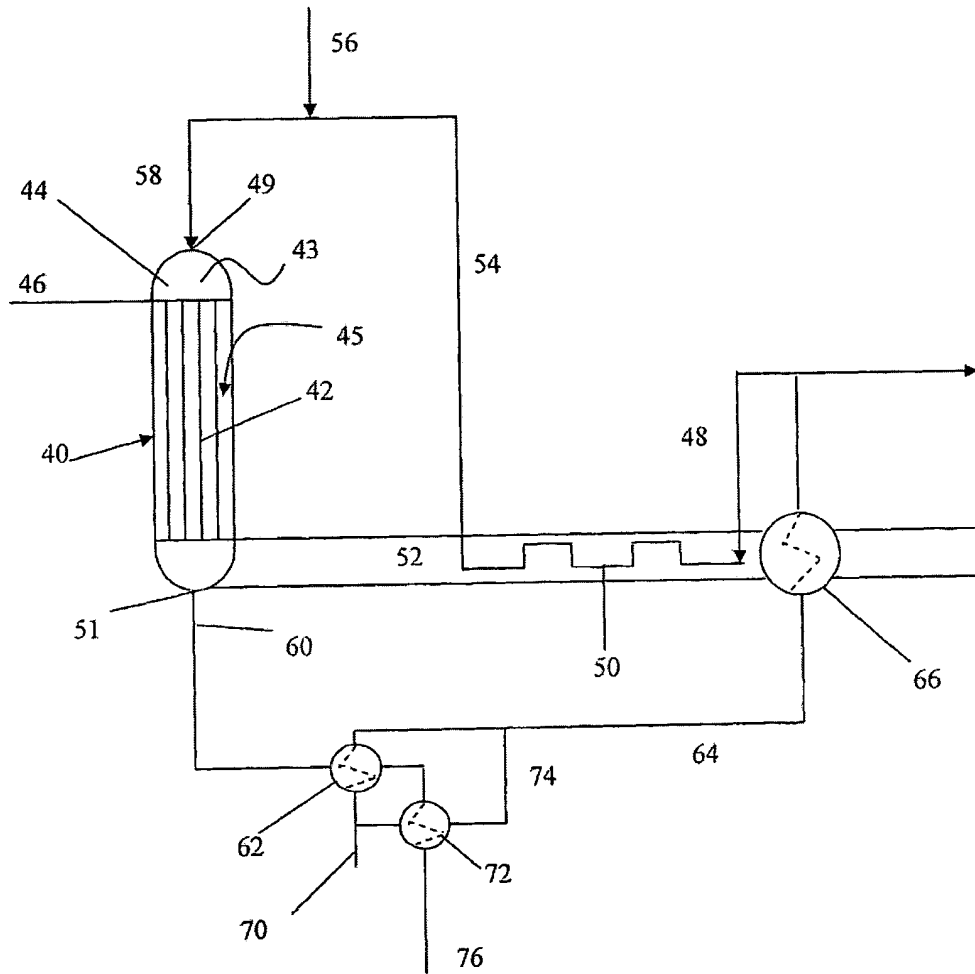


FIG. 3



**MÉTODO E APARELHO PARA GERAÇÃO DE VAPOR**

É propiciado aqui um processo para gerar vapor que compreende fornecer uma primeira corrente a um reformador de vapor para produzir uma segunda corrente que compreende  
5 essencialmente 100% de vapor de modo que a composição molecular da primeira corrente seja idêntica à composição molecular da segunda corrente, em que o reformador de vapor compreende uma entrada de reformador em comunicação de fluido com uma saída de reformador, e pelo menos um tubo  
10 posicionado entre, e em comunicação de fluido com, a entrada de reformador e a saída de reformador; e em que pelo menos um tubo posicionado está em comunicação térmica com uma fornalha do reformador de vapor. É também descrito um reformador de vapor para produzir vapor.