



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

(21) **PI0608359-5 A2**

(22) Data de Depósito: 09/02/2006  
(43) Data da Publicação: 16/11/2010  
(RPI 2080)



(51) *Int.Cl.:*  
F02C 7/00

(54) Título: **MÉTODO PARA PREPARAR E INTRODUIZIR COMBUSTÍVEL DENTRO DE COMBUSTORES DE UMA TURBINA A GÁS**

(30) Prioridade Unionista: 18/02/2005 US 11/061,875

(73) Titular(es): PRAXAIR TECHNOLOGY, INC.

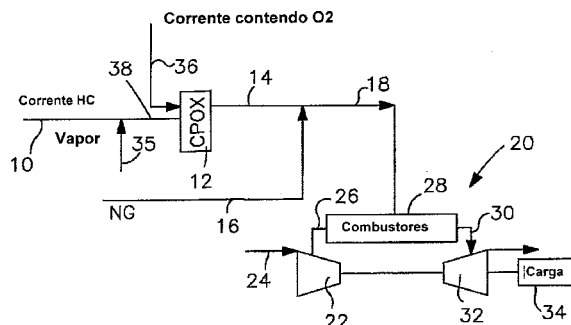
(72) Inventor(es): RAYMOND FRANCIS DRNEVICH, VASILIS PAPAVALASSIOU

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT US2006004447 de 09/02/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/091379 de 31/08/2006

(57) **Resumo:** METODO PARA PREPARAR E INTRODUIZIR COMBUSTÍVEL DENTRO DE COMBUSTORES DE UMA TURBINA A GÁS. Método para preparar e introduzir combustível dentro de combustores (28) de uma turbina a gás (20), em que uma alimentação contendo hidrocarboneto (10), oxigênio (36) e vapor (35) é introduzida dentro de um reator de oxidação parcial catalítica (12), em uma relação de oxigênio para carbono entre cerca de 0,08 e cerca de 0,25 e uma relação de água para carbono entre cerca de 0,05 a cerca de 0,5. A alimentação contendo hidrocarboneto contém não menos do que cerca de 15 % em volume, em uma base seca de hidrocarbonetos com pelo menos dois átomos de carbono e/ou pelo menos cerca de 3 % em volume de olefinas. A alimentação (10), oxigênio (36) e vapor (35) são introduzidos dentro do reator (12) em uma temperatura não maior do que 6000 C, para produzir uma corrente de produto (14) em uma temperatura entre cerca de 600°C e 860°C e que contém menos do que cerca de 0,5 por cento de olefina e menos do que 10 por cento de hidrocarbonetos com dois ou mais átomos de carbono em uma base seca. A corrente de produto (14) pode ser usada todo o ou como uma parte do combustível para a turbina a gás (20).



# “MÉTODO PARA PREPARAR E INTRODUIZIR COMBUSTÍVEL DENTRO DE COMBUSTORES DE UMA TURBINA A GÁS”

## CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a um método para preparar e  
5 introduzir combustível dentro de combustores de uma turbina a gás. Mais particularmente, a presente invenção refere-se a um tal método em que um hidrocarboneto, contendo corrente de alimentação, é reagido com vapor e oxigênio em um reator de oxidação parcial catalítica, para reduzir o teor de hidrocarboneto pesado de tal corrente a níveis aceitáveis, antes da introdução  
10 dentro de combustores de uma turbina a gás.

## FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

As turbinas a gás são usadas em uma variedade de cenários industriais, para suprir energia a uma carga, geralmente um gerador elétrico. Uma turbina a gás consiste de um compressor para comprimir ar e um  
15 expensor para recuperar energia do ar comprimido, após ter sido aquecido. O ar comprimido é aquecido novamente dentro de um conjunto de combustores localizados entre o compressor e o expensor.

As turbinas a gás são projetadas para queimar uma variedade de combustíveis, tais como gás natural, gás liquefeito de petróleo e gases de  
20 síntese contendo hidrogênio e monóxido de carbono, bem como combustíveis líquidos, tais como óleo combustível #2. Adicionalmente, os gases que são produzidos de produção de aço, tais como os gases de alto forno e gases de forno de coque, são também utilizados. Os gases de alto forno são tipicamente misturados com outros gases, pelo fato de que eles não têm suficiente valor de  
25 aquecimento para serem usados sozinhos. Os gases de forno de que contêm demasiado hidrogênio para serem usados em conexão com sistemas de combustão de pré-mistura pobre.

Os gases de forno de coque podem ser produzidos com um alto teor de hidrocarbonetos contendo dois ou mais átomos de carbono ou um

elevado teor de olefina, que podem ser craqueados termicamente e produzir depósitos de carbono nos componentes de combustão de turbina a gás. Embora a mistura de tais gases reduza os problemas associados com craqueamento térmico, o grau em que tais gases são misturados também atuará como uma limitação da utilização de tais gases. Há outros gases desprendidos produzidos em refinarias, por exemplo, gases de refinaria dessulfurizados e gases desprendidos de craqueador catalítico fluídico, que similarmente contêm um alto teor de hidrocarbonetos com dois ou mais átomos de carbono e têm o potencial para craqueamento térmico. Problemas similares existem na utilização de outros tipos de gases desprendidos e subprodutos produzidos em outras instalações de produção químicas. Um outro problema é que a composição de tais gases pode variar durante o tempo e, como tal, seu uso como combustível de turbina a gás pode ser altamente problemático.

Como será examinado, a presente invenção fornece um método em que os combustíveis são pré-tratados em um reator de oxidação parcial catalítica para baixar o teor de hidrocarbonetos pesados de tais gases, por exemplo, os hidrocarbonetos com dois ou mais átomos de carbono e/ou teores de olefina inaceitavelmente elevados, a níveis aceitáveis, a fim de serem utilizados como uma fonte de combustível para uma turbina a gás. Além disso, tal tratamento também amortece o efeito de variabilidade da consistência da composição de hidrocarboneto de tais gases.

### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção fornece um método para preparar e introduzir combustível em combustores de turbina a gás. De acordo com o método, uma corrente de alimentação contendo hidrocarboneto é introduzida dentro de um reator de oxidação parcial catalítica juntamente com uma corrente contendo oxigênio e uma corrente de vapor. A corrente de alimentação contendo hidrocarboneto compreende não menos do que cerca de

15 por cento em volume em uma base seca de hidrocarbonetos com pelo menos dois átomos de carbono e/ou pelo menos cerca de 3 % em volume de olefinas. A corrente de alimentação de hidrocarboneto, corrente contendo oxigênio e corrente de vapor são introduzidas dentro do reator de oxidação parcial catalítica, de modo que uma mistura de reação seja obtida, antes de 5 contatar com o catalisador, tendo uma relação de oxigênio para carbono entre cerca de 0,08 e cerca de 0,25 e uma relação de água para carbono entre cerca de 0,05 e cerca de 0,5.

A corrente de alimentação contendo hidrocarboneto é 10 introduzida dentro do reator catalítico sozinha ou em combinação com uma corrente de vapor em uma temperatura de não mais do que cerca de 600°C. A mistura de reação é reagida dentro do reator de oxidação parcial catalítica, de modo que uma corrente de produto é produzida em uma temperatura entre cerca de 600°C e cerca de 860°C. A corrente de produto tem um teor de 15 hidrocarboneto consistindo de metano de menos do que cerca de 0,5 por cento de olefinas em volume em uma base seca, menos do que cerca de 10 por cento de alcanos com dois ou mais átomos de carbono em uma base seca e um teor de hidrocarboneto restante de menos do que cerca de 1,0 por cento em volume em uma base seca de hidrocarbonetos que não metano, alcanos e olefinas. O 20 teor restante da corrente de produto compreende hidrogênio, monóxido de carbono, bióxido de carbono e vapor de água. A corrente de produto é então esfriada e introduzida dentro dos combustores da turbina a gás, de modo que a corrente de produto constitui pelo menos parte do combustível necessário para sustentar a combustão dentro dos combustores.

25 A corrente de combustível pode ser formada combinando-se a corrente de produto, como uma primeira corrente de combustível, com uma segunda corrente de combustível, para formar uma corrente de combustível combinada e, desse modo, pelo menos em parte esfriar a corrente de produto. A segunda corrente de combustível pode ser gás natural.

A corrente de combustível contendo hidrocarboneto pode ser combinada com a corrente de vapor para formar uma corrente combinada. A corrente combinada é introduzida dentro do reator de oxidação parcial catalítica, para formar a mistura de reação. O calor pode ser indiretamente transferido da corrente de produto para a corrente combinada, para desse modo pré-aquecer a corrente combinada e para, pelo menos em parte, esfriar a corrente de produto.

Uma corrente de ar pode ser comprimida para formar a corrente contendo oxigênio. Uma corrente de água de reconstituição pode ser bombeada para formar uma corrente de água pressurizada. A corrente de produto é então esfriada com corrente de água pressurizada.

A corrente de vapor pode ser produzida bombeando-se uma corrente de água de reconstituição para formar uma corrente de água pressurizada. Calor é indiretamente transferido da corrente de produto para a corrente de água pressurizada dentro de um trocador de calor. Isto esfria a corrente de produto e, assim, forma a corrente de vapor. Adicionalmente, uma corrente contendo oxigênio pode ser formada comprimindo-se uma corrente de ar, para desse modo formar uma corrente de ar comprimido. Calor é indiretamente transferido da corrente de produto para a corrente de ar pressurizado. Isto pré-aquece a corrente de ar comprimido e também esfria a corrente de produto. A corrente de ar pode ser uma corrente de ar de sangria de uma seção de compressor da turbina a gás.

Em qualquer forma de realização, os combustores podem ser combustores de pré-mistura pobre e cada um dos combustores de pré-mistura pobre pode ter uma zona de mistura primária para misturar combustível e ar de compressor, para obter uma mistura combustível e uma zona de combustão secundária a jusante para combustar a mistura combustível. Cada um dos combustores de pré-mistura pobre pode ter bicos de combustível primários para alimentar uma corrente de combustível primária, constituindo parte do

combustível, à zona de mistura primária, e um bico de combustível secundário, para introduzir uma corrente de combustível secundária, constituindo uma parte restante do combustível, para dentro da zona de combustão secundária e a jusante dos bicos de combustível primários, para assegurar estabilidade de combustão. Em que o hidrogênio dentro da corrente de produto está presente em uma quantidade que é de pelo menos cerca de 10 % em volume, a corrente de combustível secundária introduzida pelo bico de combustível secundário podendo constituir a corrente de produto. A corrente de produto pode ser esfriada por bombeio de uma corrente de água de reconstituição, para formar uma corrente de água pressurizada e esfriar rapidamente a corrente de produto com a corrente de água pressurizada. Calor pode também ser indiretamente transferido da corrente de produto para a corrente de combustível secundária. A corrente de combustível primária pode ser gás natural.

Em qualquer forma de realização, o hidrocarboneto contendo corrente de alimentação pode ser um gás de saída FCC, um gás de saída de coqueificador, gases de forno de coque ou um gás de refinaria de dessulfurização.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Embora a especificação conclua com as reivindicações distintamente salientando o assunto de que os Requerentes consideram como sua invenção, acredita-se que a invenção seria melhor entendida quando tomada em relação aos desenhos anexos, em que:

A Fig. 1 é uma ilustração esquemática de um aparelho para realizar um método de acordo com a presente invenção;

A Fig. 2 é uma forma de realização alternativa de um aparelho para realizar um método de acordo com a presente invenção;

A Fig. 3 é uma ilustração esquemática de uma outra forma de realização de um aparelho para realizar um método de acordo com a presente

invenção;

A Fig. 4 é uma ilustração esquemática de ainda outra forma de realização de um aparelho para realizar um método de acordo com a presente invenção;

5 A Fig. 5 é uma ilustração esquemática de ainda outra forma de realização de um aparelho para realizar um método de acordo com a presente invenção;

10 A Fig. 6 é uma ilustração esquemática de uma forma de realização de um aparelho para realizar um método de acordo com a presente invenção, que é relacionado com o uso de um combustor de pré-mistura pobre; e

A Fig. 7 é uma ilustração esquemática de um combustor de pré-mistura pobre do tipo que é esquematicamente ilustrado na Fig. 6.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA

15 Com referência à Fig. 1, um hidrocarboneto contendo corrente de alimentação 10 (“Corrente HC”) é pré-tratado em um reator de oxidação parcial catalítica 12 (“CPOX”), para produzir uma corrente de produto 14 que é combinada com uma corrente de gás natural 16 (“NG”) ou outra corrente de combustível tendo um valor calorífico suficiente para formar uma corrente de combustível 18, que é introduzida como combustível em uma turbina a gás 20.

20 A turbina a gás 20 tem uma seção de compressão 22 que pode ser uma série de estágios. A seção de compressor 22 comprime uma corrente de ar 24 para formar uma corrente de ar de compressor 26, que é aquecida pela combustão da corrente de combustível 18 dentro dos combustores 28, para produzir uma corrente de exaustão 30. A corrente de exaustão 30 é  
25 introduzida dentro de uma seção de turbina 32, que é conectada a uma carga 35, que pode ser um gerador elétrico. A seção de compressor 22 e a seção expansora 32 são mecanicamente acopladas entre si. Os combustores 28 podem consistir de combustores que são dispostos em torno da seção de compressor 22 de uma maneira bem conhecida na arte. O expansor 32 pode

ser dividido em duas seções independentes. A primeira seção é no mesmo eixo do compressor 22 e a segunda seção é em um segundo eixo, que é conectado à carga 34.

A corrente de alimentação contendo hidrocarboneto 10 tem um  
5 teor de hidrocarboneto de pelo menos 15 por cento em volume em uma base seca de hidrocarbonetos com dois ou mais hidrocarbonetos e/ou pelo menos cerca de 3 por cento em volume de olefinas. Por exemplo, tal corrente poderia ser um gás de saída de refinaria, tal como um gás de saída de craqueador catalítico fluídico, um gás de saída de coqueificador ou um gás de refinaria de dessulfurização. Os gases  
10 de forno de coque, tendo um alto teor de hidrocarbonetos, é outra possibilidade. Como mencionado acima, tal alimentação é inadequada como um combustível para turbina a gás 20, porque o conteúdo de hidrocarboneto tem um alto potencial para craqueamento de carbono. A fim de reduzir o teor de hidrocarbonetos supracitado a níveis aceitáveis, a corrente de alimentação contendo hidrocarboneto  
15 10 é introduzida dentro de um reator de oxidação parcial catalítica 12 juntamente com uma corrente de vapor 35 e uma corrente contendo oxigênio 36, para formar uma mistura reagente dentro do reator de oxidação parcial catalítica 12, que é, por sua vez, contatada com um catalisador. Deve ser observado que a corrente de alimentação contendo hidrocarboneto 10, corrente de vapor 35 e corrente  
20 contendo oxigênio estão todas sob uma pressão suficiente para permitir que a corrente produto 14 seja produzida em uma pressão suficiente para combinação com corrente de gás natural 16 ou para introdução sozinha dentro dos combustores 28.

A corrente de vapor 35 é adicionada em uma taxa de relação  
25 de água para carbono entre cerca de 0,05 a cerca de 0,5, dentro da mistura de reação. A relação de adição de vapor é importante, uma vez que ajuda na reformação das olefinas e outros hidrocarbonetos com mais do que dois átomos de carbono. Vapor demasiado é indesejável porque vapor excessivo também diminui a temperatura dentro do reator de oxidação parcial catalítica



12 e, assim, evita a decomposição dos hidrocarbonetos de ordem mais elevada em metano, monóxido de carbono, hidrogênio etc. Além disso, vapor em excesso diluirá o teor volumétrico de combustível da corrente de produto.

5 A corrente contendo oxigênio 36, que pode ser ar, ar enriquecido com oxigênio ou outro gás contendo oxigênio, é adicionada em uma taxa de relação de oxigênio para carbono entre cerca de 0,08 e cerca de 0,25 dentro da mistura de reação. Isto pode ser feito usando-se um pulverizador ou misturador estático ou monólito de espuma metálica ou cerâmica reticulado. O monólito de espuma fornece um trajeto tortuoso, que  
10 pode fornecer segurança e completa mistura do oxigênio em uma queda de pressão relativamente baixa. As proporções de hidrocarboneto, vapor e oxigênio podem ser controladas controlando-se as taxas de fluxo das correntes supracitadas, por exemplo, por válvulas, não ilustradas.

A corrente de alimentação contendo hidrocarboneto 10 e a  
15 corrente de vapor 35 são preferivelmente combinadas para formar uma corrente combinada 38, que é introduzida dentro do reator de oxidação parcial catalítica 12 em uma temperatura de não mais do que 600°C, para evitar craqueamento de hidrocarbonetos de mais elevada ordem. Como poderia ser apreciado, as correntes supracitadas poderiam ser introduzidas  
20 separadamente. Embora não necessário, a corrente de alimentação contendo hidrocarboneto 10 pode ser pré-aquecida para conservar o oxigênio. A temperatura da saída do reator de oxidação parcial catalítica 12 é mantida entre cerca de 600°C e cerca de 860°C para preferencialmente reduzir o teor de olefinas dentro dos hidrocarbonetos com dois ou mais átomos de carbono a  
25 níveis aceitáveis. Nas temperaturas de saída abaixo de cerca de 600°C, há insuficiente reatividade para reduzir a olefina e o teor de hidrocarboneto a níveis aceitáveis. Nas temperaturas de saída acima de cerca de 860°C, há demasiado oxigênio ou, em outras palavras, mais do que o necessário e ainda metano e outros hidrocarbonetos serão oxidados em óxidos de carbono,

hidrogênio e água, para reduzir o valor calorífico da corrente de produto 14 e, portanto, sua utilidade como combustível.

Se a reação ocorrer dentro dos limites de temperatura examinados acima e nas condições de alimentação da mistura de reação, o  
5 oxigênio é totalmente consumido e a água é reduzida a menos do que 15 por cento em volume na saída do reator de oxidação parcial 12. Sob tais condições, hidrocarbonetos saturados da alimentação reagirão mas em uma taxa mais lenta do que as olefinas. O peso molecular mais elevado dos hidrocarbonetos com mais do que dois átomos de carbono é também  
10 convertido em hidrogênio, monóxido de carbono, bióxido de carbono e metano. Nas condições de reação especificadas, a corrente de produto 14 conterá menos do que cerca de 0,5 por cento de olefinas em volume em um base seca e menos do que 10 por cento em volume em uma base seca de alcanos, com dois ou mais átomos de carbono. Em tais temperaturas, outros  
15 hidrocarbonetos podem existir porém em quantidades traço e em qualquer caso menos do que cerca de 1 por cento em volume em uma base seca. O teor restante compreenderá metano, hidrogênio, monóxido de carbono, bióxido de carbono e vapor de água. Tal corrente de produto tratada 14 é adequada para uso em parte ou sozinha como um combustível para turbina a gás 20.

20 O reator de oxidação parcial catalítica 12 contém um catalisador de oxidação parcial, que é preferivelmente um monólito metálico revestido com uma camada catalítica que contém platina, ródio, paládio, níquel ou rutênio. A estrutura do monólito pode ser colméia de espuma reticulada ou uma folha metálica corrugada enrolada em uma configuração  
25 em espiral. As contas cerâmicas ou monólitos cerâmicos revestidos, na forma de estrutura de espuma reticulada ou colméia, são outras possibilidades.

Acredita-se que o catalisador suportado metálico tenha melhor desempenho do que outros catalisadores suportados pelo fato de ter melhor condutividade térmica, um perfil de temperatura mais uniforme do que as

outras formas de catalisador e uma mais baixa temperatura operacional. Todos estes fatores permitem a destruição mais seletiva de olefinas, sem converter demasiado das parafinas, por exemplo, etano, em olefinas.

Um catalisador útil pode ser obtido na Sud Chemie de Louisville, Kentucky, USA, que é na forma de um monólito que é vendido como PC-POX 1 em FECRALY. Dados experimentais confirmaram que as velocidades espaciais de cerca de 46.000 horas<sup>-1</sup> são eficazes para a mistura reativa com tal catalisador, para produzir um produto tendo olefina e outros hidrocarbonetos com teores de mais do que 2 átomos de carbono, que são aceitáveis para uso dentro de uma turbina a gás. Para tais propósitos, velocidade espacial é definida como a relação da taxa de fluxo de gás volumétrica em temperatura e pressão padrão dividida pelo valor do reator vazio. Praticamente, tempo de permanência mais longo pode ser registrado e, em consequência, as velocidades espaciais de pelo menos 10.000 h<sup>-1</sup> podem ser necessárias para certas alimentações a serem tratadas.

A fim de operar qualquer forma de realização da presente invenção, relações preliminares de água para carbono e oxigênio para carbono e desejadas temperaturas de saída a serem obtidas podem ser determinadas por técnicas de simulação conhecidas para uma dada alimentação. A composição da alimentação pode ser determinada por cromatografia gasosa. Ajustes mais finos para tais relações, taxas de alimentação etc. podem ser feitos no campo por análise de corrente de produto 14. Tais ajustes mais finos podem envolver amostragem e análise de corrente de produto 14, empregando-se cromatografia gasosa. Preferivelmente, suficientes dados podem ser desenvolvidos de modo que o desempenho possa ser predito sem análise por cromatografia gasosa. Há possíveis aplicações para a presente invenção em que a corrente de produto 14 é usada como o único combustível para a turbina a gás 20. Isto, naturalmente, depende de seu valor calorífico e compatibilidade com o combustor de turbina a gás 28. Na maioria dos casos,

a corrente de produto 14 será usada como um adjunto e, portanto, misturada com outra corrente de combustível, por exemplo, corrente de gás natural 16. Entretanto, uma vez que os hidrocarbonetos de coqueificação potenciais foram controlados a níveis similares àqueles encontrados no gás natural, tais correntes tratadas como corrente de produto 14 podem ser usadas em maiores quantidades do que contempladas na arte anterior.

Como mencionado acima, as turbinas a gás podem ser projetadas para funcionar em gases de processo, tais como gases de forno de coque, desde que os hidrocarbonetos mais pesados sejam removidos por purificação. Altos níveis de hidrocarbonetos de mais elevado peso molecular, especialmente olefinas, podem formar carbono dentro dos combustores de turbina a gás e resultar em erosão e incrustação de componentes de turbina a gás e na emissão de “fumaça” dentro da exaustão da turbina a gás.

A quantidade de variação do valor calorífico para um dado projeto de sistema de combustível é, entretanto, limitada. Os bicos de combustível são projetados para operar dentro de taxas de fluxo volumétricas específicas. Faixas de valores caloríficos podem ser acomodadas aumentando-se ou diminuindo-se a temperatura da área de bico de combustível ou gás. Para um existente combustor projetado para um combustível, tal como um gás natural, a área de bico de combustível é fixa. A temperatura do combustível pode ser ajustada para manter a corrente de combustível 18 dentro da densidade de energia desejada para fins de controle da turbina a gás. Uma medida da inter-mutabilidade dos combustíveis gasosos para um dado sistema de projeto é o Wobbe Index. O Wobbe Index é igual a uma relação do valor calorífico mais baixo do combustível e da raiz quadrada de um produto do peso específico do combustível para o ar e a temperatura do combustível. Tipicamente, o combustível é fornecido a uma temperatura que não excede mais ou menos 5 por cento do Wobbe Index.

Portanto, situações de retroajuste ou situações em que a

turbina a gás não é modificada, a corrente de produto 14 ou uma mistura incluindo a corrente de produto 14, por exemplo, corrente de combustível 18, é utilizada de uma maneira a atender o Wobbe Index de projeto de um combustor de turbina a gás particular. Os graus de liberdade que governarão o uso da corrente de produto 14 são sua composição e temperatura e, se misturada, a composição e temperatura da mistura ou, por exemplo, corrente de combustível 18. Em uma situação em que a corrente de produto 14 é para ser usada sozinha, sua temperatura pode ser ajustada através da troca de calor com as correntes de reação para o reator de oxidação parcial catalítica 12 e, se necessário, por mais esfriamento. No caso de mistura, mais ou um único controle de temperatura podem ser obtidos controlando-se as taxas de fluxo da corrente de produto 14 e da outra corrente de combustível, por exemplo, corrente de gás natural 16. O valor calorífico mais baixo da mistura pode também ser controlado controlando-se as taxas de fluxo.

Na prática, a composição da corrente de alimentação contendo hidrocarboneto 10 pode variar para, por sua vez, variar a composição esteira transportadora da corrente de produto 14 e, portanto, qualquer Wobbe Index calculado. Como indicado acima, se a composição e temperatura da corrente de produto 14 forem controladas, então o controle da mistura das correntes é uma simples e direta questão de controlar as taxas de fluxo das duas correntes. Na maioria das situações operacionais, o uso de oxidação parcial catalítica amortecerá as variações de alimentação, pelo fato de que ta reação preferivelmente remover hidrocarbonetos mais pesados, que são as variáveis mais prováveis da alimentação. Daí, genericamente, tudo que é necessário é controlar a temperatura da mistura, uma vez uma relação de mistura seja selecionada pelo uso dos controles de pré-aquecimento do combustível da turbina.

Se mais controle for necessário, devido à variabilidade da composição de hidrocarboneto contendo corrente de alimentação 10, um grau

mais fino de controle pode ser obtido, limitando a quantidade de corrente de produto 14, que é misturada com a corrente de gás natural 16, a menos do que cerca de dez por cento. Este, naturalmente, pode ser o curso de ação menos desejável. Um controle mais desejável é amortecer as variações de  
5 alimentação, pela operação do reator de oxidação parcial catalítica 12 com uma relação mais elevada de oxigênio para carbono do que a mínima requerida para manter as olefinas a menos do que 0,5 por cento e outros hidrocarbonetos com mais do que dois átomos de carbono a menos do que 10 por cento. O oxigênio em excesso para tais propósitos pode ser entre cerca de  
10 10 por cento e cerca de 15 por cento mais elevado do que a quantidade mínima requerida. Isto é suficiente para controlar um aumento de 20 a 30 por cento na composição de um único componente, por exemplo, etileno, no gás de alimentação.

Além disso, é importante controlar a quantidade de  
15 combustível suprido à turbina a gás para igualar as exigências de combustível para uma dada condição operacional de turbina a gás. Isto pode ser realizado monitorando-se a composição de hidrocarboneto contendo a corrente 10, novamente por cromatografia gasosa e utilizando-se os resultados de tal monitoramento para ajustar a taxa de fluxo para igualar as exigências da  
20 turbina a gás. Tal operação do reator de oxidação parcial catalítica 12 essencialmente amortecerá as variações de alimentação, de modo que elas não resultem em substanciais diferenças do Wobbe Index e as exigências de combustível da turbina a gás possam ser consistentemente atendidas.

Ainda uma outra estratégia para controlar a reação dentro do  
25 reator de oxidação parcial catalítica 12, em resposta às variações de alimentação, é ajustar a relação de oxigênio para carbono e a relação de vapor para carbono, de modo que a temperatura de saída do reator de oxidação parcial catalítica 12 seja mantida dentro de um janela muito estreita. Mantendo-se a temperatura em uma janela estreita resultará em uma baixa

variabilidade da composição dentro da corrente de produto 14. A variação de alimentação pode resultar em mais ou menos carbono estando presente na alimentação contendo hidrocarboneto 10. Se o teor de carbono na alimentação contendo hidrocarboneto 10 aumentar, se, por exemplo, a concentração de etileno da alimentação aumentar e nenhuma ação corretiva for tomada, então a temperatura da corrente de produto 14 diminuirá. O oposto ocorrerá se o teor de carbono na corrente de alimentação contendo hidrocarboneto 10 diminuir. As variações de temperatura resultarão em flutuações da composição, que afetarão a temperatura e o valor calorífico da corrente de produto 14, que então será misturada com a corrente de gás natural da turbina.

Praticamente, a fim de manter as relações de vapor para carbono e oxigênio para carbono constantes, a taxa de fluxo da corrente de alimentação contendo hidrocarboneto 10 pode ser controlada. Por exemplo, se a concentração de carbono da alimentação aumentar, o fluxo da corrente de alimentação contendo hidrocarboneto 10 pode ser diminuído, por exemplo, por uma válvula de controle, a fim de manter a relação de carbono para oxigênio e a relação de vapor para carbono a mesma e, finalmente, a temperatura da corrente de produto 14 na faixa desejada. Esta ação opor-se-á à diminuição da temperatura que a concentração de alimentação de carbono mais elevada terá, de modo que a temperatura permanecerá dentro da janela estreita. A manutenção da temperatura dentro de 5 a 15 graus de um ponto de ajuste é suficiente. O ponto de temperatura de ajuste a ser mantido é determinado em uma base caso a caso, uma vez que dependerá da composição média de corrente de alimentação contendo hidrocarboneto 10 e, como mencionado acima, será entre cerca de 600°C e cerca de 860°C.

Como pode ser apreciado por aqueles hábeis na arte, uma combinação dos diferentes esquemas de controle pode ser utilizada. Além disso, tal combinação ou qualquer um dos esquemas de controle mencionados acima poderiam ser manualmente implementado pelo fato de que,

praticamente, variações de alimentação ocorrem durante um período de tempo suficientemente longo. Controle automatizado é naturalmente possível.

Com referência à Fig. 2, uma forma de realização alternativa da Fig. 1 é ilustrada que tem a vantagem de pré-aquecer a corrente combinada 38, enquanto reduzindo a temperatura da corrente de produto 14 a níveis aceitáveis e ajudar a atender ao Wobbe Index dos combustores 28 e, desse modo, aumentar o grau em que a corrente de produto 14 pode ser utilizada como composição para a corrente de combustível 18. Como ilustrado, um trocador de calor 46 pré-aquece a corrente combinada 38, enquanto esfriando a corrente de produto 14. A corrente combinada pré-aquecida 38 tem a vantagem adicional de diminuir o uso necessário de oxigênio, para manter a temperatura de saída do reator e manter o apropriado teor de hidrocarboneto.

Com referência à Fig. 3, um controle de temperatura alternativo é provido bombeando-se uma corrente de água de reconstituição 48, formada da água desionizada ("DI") com uma bomba 50, para produzir uma corrente pressurizada 52, que esteja em uma pressão suficiente para ser introduzida dentro de uma torre de esfriamento rápido 54 ("Quench") juntamente com a corrente de produto 14. Como resultado, a corrente de produto 14 estará em uma temperatura mais baixa em sua combinação com a corrente de gás natural 16 e conterà vapor de água que tenderá a diminuir as emissões de  $\text{NO}_x$  da turbina a gás 20 e providenciará que ligeiramente mais massa seja expandida na seção de turbina 32. A corrente contendo oxigênio desta forma de realização, bem como qualquer forma de realização, pode ser uma corrente de ar 56 que seja comprimida por um compressor 58, para produzir uma corrente de ar comprimido, para servir como a corrente contendo oxigênio 36. A corrente contendo oxigênio 36 é introduzida juntamente com a corrente de alimentação contendo hidrocarboneto 10 e corrente de vapor 34 dentro do reator de oxidação parcial catalítica 12.

A compressão da corrente de ar 56 é necessária, uma vez que,



como indicado acima, a corrente de vapor 34 e a corrente de alimentação contendo hidrocarboneto 10 são obtidas sob pressão. Uma vez que o calor da compressão não é removido da corrente de ar comprimido formando a corrente contendo oxigênio 36, isto pode ajudar a suprir calor para a mistura de reação, para ser consumido dentro do reator de oxidação parcial catalítica 12, para ajudar a reduzir a utilização do oxigênio.

A Fig. 4 ilustra uma forma de realização da presente invenção, em que uma água de reconstituição 62 é bombeada pela bomba 64, para produzir uma corrente pressurizada 66, que é de uma pressão suficiente, de modo que, quando introduzida dentro de uma caldeira 68 ou outro dispositivo de troca de calor, a corrente de vapor 34 esteja em uma pressão suficiente para, por sua vez, ser combinada com a corrente contendo hidrogênio 10. A corrente combinada resultante 38 é introduzida dentro do reator de oxidação parcial catalítica 12. A corrente de produto 14 troca indiretamente calor com a corrente pressurizada 66 dentro da caldeira 68, para provocar vapor e, como resultado, esfriar para formar uma corrente de produto parcialmente esfriada 14a. A corrente de produto parcialmente esfriada 14a é então ainda esfriada dentro do trocador de calor 72, para produzir uma corrente de produto esfriada 14b, que é combinada com a corrente de gás natural 16. Ao mesmo tempo, uma corrente de ar 74 é comprimida por um compressor 76, para produzir uma corrente de ar comprimido 78, que é aquecida dentro do trocador de calor 80 em comparação com o esfriamento da corrente de produto parcialmente esfriada 14a, para produzir corrente contendo oxigênio 36, que é aquecida e, desse modo, pode servir para aquecer a mistura de reação a ser reagida dentro do reator de oxidação parcial catalítica 12.

A Fig. 5 ilustra uma forma de realização alternativa da Fig. 3, em que uma corrente de ar de sangria 26a é extraída da corrente de compressor 26. A corrente de ar de sangria 26a é então mais comprimida pelo compressor 58 e introduzida diretamente dentro do reator de oxidação parcial

catalítica 12. Esta forma de realização ajuda a reduzir o serviço de compressão da compressão separada, provida pelo compressor 58.

Deve também ser observado que os combustores 28 podem ser combustores de difusão ou combustores de pré-mistura pobre, também conhecidos como combustores de baixo  $\text{NO}_x$  seco. Nos difusores de combustão, a mistura de combustível/ar e a combustão ocorrem simultaneamente em uma zona de combustão primária. Em combustores de pré-mistura pobre, o combustível e ar são misturados em um estágio de mistura inicial ou primária. A mistura resultante é então alimentada dentro de um estágio de combustão secundário, onde a combustão ocorre. Há uma variedade de técnicas de estagiamento de ar e combustível conhecidas, que são utilizadas em tais combustores. Os combustores de pré-mistura pobre são particularmente sensíveis ao teor de hidrogênio e variações composicionais do combustível e do uso de combustíveis com um teor de hidrogênio a ou acima de cerca de dez por cento em volume são problemáticas em tais combustores.

Com referência à Fig. 6, uma outra forma de realização alternativa é ilustrada que é particularmente adequada para uso com um combustor de pré-mistura pobre 28', em que o teor de hidrogênio da corrente de produto 14 é de dez por cento e maior. A forma de realização ilustrada é um tanto similar àquela ilustrada na Fig. 3, exceto que a corrente de gás natural 16 é concomitantemente passada através de um trocador de calor 84, que atua para esfriar a corrente de produto 14, enquanto aquecendo a corrente de gás natural 16. Como será mais examinado, a corrente de gás natural e a corrente de produto 14 são separadamente alimentadas ao combustor de pré-mistura pobre 28'.

Com referência à Fig. 7, o combustor de pré-mistura pobre 28' é provido com uma zona de mistura primária 86, em que proporções de mistura de ar e combustível diluem o combustível. O combustível é combustado dentro de uma zona de combustão secundária 88 e esfriado

dentro de uma zona de esfriamento 90. O combustor de pré-mistura pobre 28' é provido com um revestimento de combustão 92, tendo fendas 94 para introdução de ar na direção das pontas de flecha. Parte da corrente de ar comprimido 26 penetra no combustor de pré-mistura pobre 28' como uma corrente "A" e tipicamente outra parte "B" é usada para fins de esfriamento. A corrente de gás natural 16 é introduzida dentro dos bicos de combustível primários 92. A corrente de produto 14 é introduzida dentro do bico de combustível secundário 94, onde o teor de hidrogênio da corrente não é particularmente sensível.

Como mencionado acima, os combustores 28 poderiam ser combustores de pré-mistura pobre, tais como combustor de pré-mistura pobre 28', com partes da corrente de combustível 18 sendo introduzidas tanto dentro do bico de combustível primário 92 como do bico de combustível secundário 94. Além disso, mesmo no caso da corrente de produto 14 ter um teor de hidrogênio inadequadamente elevado, em e acima de cerca de dez por cento, a mistura da corrente de produto 14 com a corrente de gás natural 16 poderia diminuir o teor de hidrogênio da corrente de combustível 18 em uma base volumétrica, para permitir que uma tal corrente misturada seja injetada nos bicos de combustível tanto primário como secundário 92 e 94, respectivamente.

Um exemplo calculado foi realizado para um combustor de pré-mistura pobre típico, projetado para operar com um corrente de gás natural em uma temperatura de gás de cerca de 204°C. Este exemplo calculado será debatido com respeito à forma de realização da presente invenção, ilustrada na Figura 2.

A composição de gás natural é dada na Tabela exposta abaixo. O reator de oxidação parcial catalítica 12 foi simulado como um reator Gibbs. O Wobbe Index do gás natural a 100°C é de cerca de 45.625, calculado por meios convencionais. Como indicado acima, uma turbina a gás pode aceitar

como gás um Wobbe Index dentro de 5 por cento do valor de projeto ou na faixa entre cerca de 43.343 e cerca de 47.907, no caso de gás natural na supracitada temperatura.

5 No exemplo, o hidrocarboneto contendo corrente de alimentação 10 é formado de um típico gás de saída de refinaria produzido por um craqueador catalítico fluídico. O hidrocarboneto contendo corrente de alimentação 10 tem uma composição dada na Tabela, exposta abaixo, e uma taxa de fluxo de cerca de 25 por cento da taxa de fluxo volumétrico da corrente de gás natural 16. A corrente de vapor 34, tendo uma taxa de fluxo  
10 de cerca de 10 por cento de hidrocarboneto contendo taxa de fluxo volumétrico de corrente contendo hidrocarboneto 10 e uma temperatura de cerca de 250°C, é misturada com o hidrocarboneto contendo corrente de alimentação 10, para produzir a corrente combinada 38 que, por sua vez, é alimentada para o reator de oxidação parcial catalítica 12, que opera em uma  
15 pressão de cerca de 300 psig (21,09 kg/cm<sup>2</sup>). Uma corrente contendo oxigênio 36 de oxigênio substancialmente puro, que tem uma taxa de fluxo que é de cerca de 7 por cento da corrente contendo taxa de fluxo volumétrico de corrente contendo hidrocarboneto 10 e uma temperatura de cerca de 21°C é também introduzida dentro do reator de oxidação parcial catalítica 12.

20 A temperatura da corrente de produto 14 é calculada a 720°C e tem uma composição também dada na Tabela 1. A corrente de produto 14 é esfriada no trocador de calor 46 e misturada com corrente de gás natural 16, tendo uma temperatura de cerca de 20°C, para produzir a corrente de combustível 18, a ser alimentada como combustível dentro dos combustores  
25 28. A composição da corrente de combustível 18 é listada na coluna mais afastada da Tabela 1. A corrente de combustível 18 é controlada a uma temperatura de cerca de 80°C, que seria acima do ponto de condensação para a água de tal corrente e possuiria um Wobbe Index calculado de 43.557, que é na faixa dos limites do Wobbe Index do gás natural dada acima. Como pode

ser observado, tal calculo poderia ser usado como uma medida do ajustamento preliminar das relações de vapor e oxigênio para carbono mencionadas acima.

**Tabela**

		Corrente de gás natural 16	Corrente de alimentação contendo hidrocarboneto 10	Corrente de produto 14	Corrente de combustível 18
Hidrogênio	%-mol	0	10,833	4,245	1,117
Metano	%-mol	91,78	37,705	67,974	85,517
Etileno	%-mol	0	15,907	0,073	0,019
Etano	%-mol	3,42	15,509	0,203	2,574
Propileno	%-mol	0	2,835	0,006	0,001
Propano	%-mol	0,61	1,647	0,002	0,450
Isobutano	%-mol	0,07	0,678	0	0,052
n-Butano	%-mol	0,1	0,197	0	0,074
1-Buteno	%-mol	0	0,15	0	0
1,3-Butadieno	%-mol	0	0,007	0	0
Isopentano	%-mol	0	0,277	0	0
Pentano	%-mol	0,05	0,836	0	0,037
1-Penteno	%-mol	0	0	0	0
Hexano+	%-mol	0,03	0	0	0,022
N2		3,23	9	6,302	4,038
O2		0	0,017	0	0
CO		0	2,146	20,852	5,486
CO2		0,71	2,256	0,3	0,602
H2O		0	0	0,043	0,011
Total		100.000	100.000	100,000	100,000
Peso molecular		17,4	22,83	18,82	17,78
Valor calorífico mais baixo BTU/m <sup>3</sup>		916,36	1046,5	703,41	860,29

Embora a presente invenção tenha sido descrita com referência a uma forma de realização preferida, como ocorrerá àqueles hábeis na arte, numerosas mudanças, adições e omissões podem ser feitas sem desvio do espírito e escopo da presente invenção.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para preparar e introduzir combustível dentro de combustores de uma turbina a gás, caracterizado pelo fato de compreender:

5 introduzir, dentro de um reator de oxidação parcial catalítica, uma corrente de alimentação contendo hidrocarboneto, compreendendo não menos do que cerca de 15 por cento em volume em uma base seca de hidrocarbonetos, com pelo menos dois átomos de carbono e/ou pelo menos cerca de 3 por cento em volume de olefinas, juntamente com uma corrente contendo oxigênio e uma corrente de vapor, de modo que uma mistura de  
10 reação é obtida dentro do reator de oxidação parcial catalítica, antes de contatar com catalisador, tendo uma relação de oxigênio para carbono entre cerca de 0,08 e cerca de 0,25 e uma relação de água para carbono entre cerca de 0,05 e cerca de 0,5;

a corrente de alimentação contendo hidrocarboneto sendo  
15 introduzida dentro do reator catalítico sozinho ou em combinação com a corrente de vapor em uma temperatura não maior do que cerca de 600°C.

reagir dita mistura de reação dentro do reator de oxidação parcial catalítica, de modo que uma corrente de produto é produzida em uma temperatura entre cerca de 600°C e cerca de 860°C, a corrente de produto  
20 tendo um teor de hidrocarboneto consistindo de metano, menos do que cerca de 0,5 por cento de olefinas em volume em uma base seca, menos do que cerca de 10 por cento de alcanos com dois ou mais átomos de carbono em uma base seca e menos do que cerca de 1 por cento em volume em uma base seca de hidrocarbonetos que não metano, alcanos e olefinas e um conteúdo  
25 restante compreendendo hidrogênio, monóxido de carbono, bióxido de carbono e vapor de água;

esfriar a corrente de produto; e

introduzir a corrente de produto dentro dos combustores, de modo que a corrente de produto constitua pelo menos parte do combustível

necessário para sustentar a combustão dentro dos combustores.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de dita corrente de alimentação contendo hidrocarboneto ser um gás de saída FCC, um gás de saída de coqueificador, gás de refinaria de  
5 dessulfurização ou gás de forno de coque.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a corrente de combustível ser formada combinando-se a corrente de produto, como uma primeira corrente de combustível, com uma segunda corrente de combustível, para desse modo pelo menos em parte esfriar a  
10 corrente de produto por troca direta de calor.

4. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de compreender:

combinar a corrente de alimentação contendo hidrocarboneto com a corrente de vapor, para formar uma corrente combinada;

15 introduzir a corrente combinada dentro do reator de oxidação parcial catalítica; e

indiretamente transferir calor da corrente de produto para a corrente combinada, para desse modo pré-aquecer a corrente combinada e pelo menos em parte esfriar a corrente de produto.

20 5. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de compreender ainda:

comprimir uma corrente de ar para formar a corrente contendo oxigênio;

25 bombear uma corrente de água de reconstituição, para formar uma corrente de água pressurizada; e

esfriar rapidamente a corrente de produto com a corrente de água pressurizada.

6. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de compreender ainda produzir a corrente de vapor pelo bombeio de uma

corrente de água de reconstituição, para formar uma corrente de água pressurizada e, indiretamente, transferir calor da corrente de produto para a corrente de água pressurizada dentro de um trocador de calor, para desse modo esfriar a corrente de produto e formar a corrente de vapor.

5                   7. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de compreender ainda formar a corrente contendo oxigênio pela compressão de uma corrente de ar, para formar uma corrente de ar comprimido e indiretamente transferir calor da corrente de produto para a corrente de ar comprimido, desse modo pré-aquecendo a corrente de ar  
10 comprimido e também esfriar a corrente de produto.

8. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de a corrente de ar ser uma corrente de ar de sangria de uma seção do compressor da turbina a gás.

15                   9. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de a segunda corrente de combustível ser gás natural.

10. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de ditos combustores serem combustores de pré-mistura pobre.

20                   11. Método de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de cada um de dito combustor ter uma zona de mistura primária para misturar o combustível e ar do compressor, para obter uma mistura de combustível, uma zona de combustão secundária a jusante para combutar a mistura de combustível, bicos de combustível primários para alimentar uma corrente de combustível primária, constituindo parte do combustível, à zona  
25 de mistura primária e um bico de combustível secundário para introduzir uma corrente de combustível secundária, constituindo uma parte restante do combustível, dentro da zona de combustão secundária e a jusante dos bicos de combustível primários, para estabilizar a combustão.

12. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado



pelo fato de:

a corrente de produto conter pelo menos cerca de 10 por cento em volume de hidrogênio; e

5 a corrente de combustível secundária, introduzida pelo bico de combustível secundário, constituir a corrente de produto.

13. Método de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de a corrente de produto ser esfriada:

bombeando-se uma corrente de água de reconstituição, para formar uma corrente de água pressurizada;

10 esfriando-se rapidamente a corrente de produto com corrente de água pressurizada; e

indiretamente transferindo-se calor da corrente de produto para a segunda corrente de combustível.

15 14. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de a corrente de combustível primária ser gás natural.

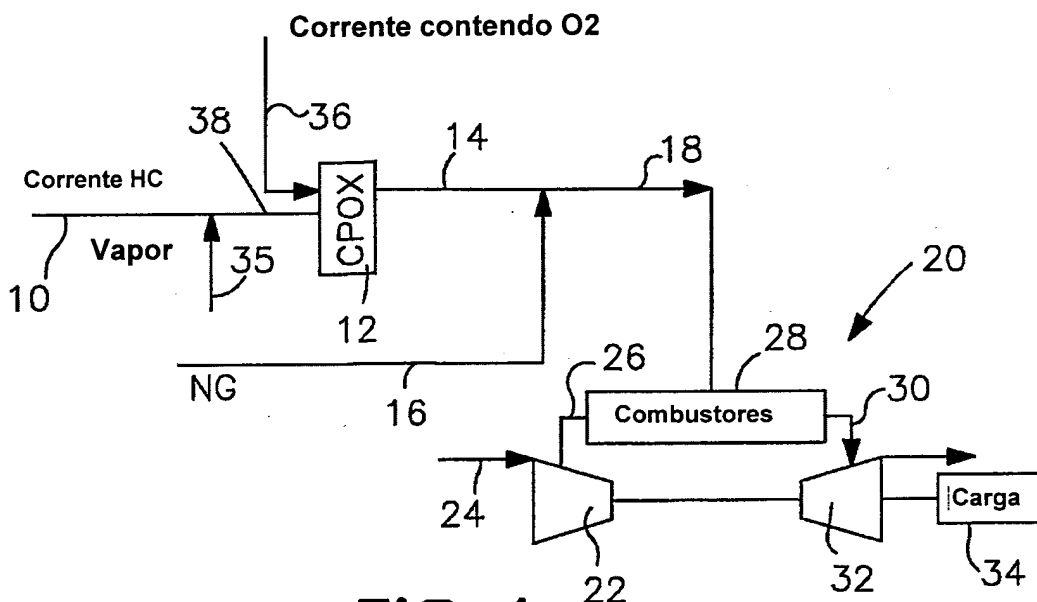


FIG. 1

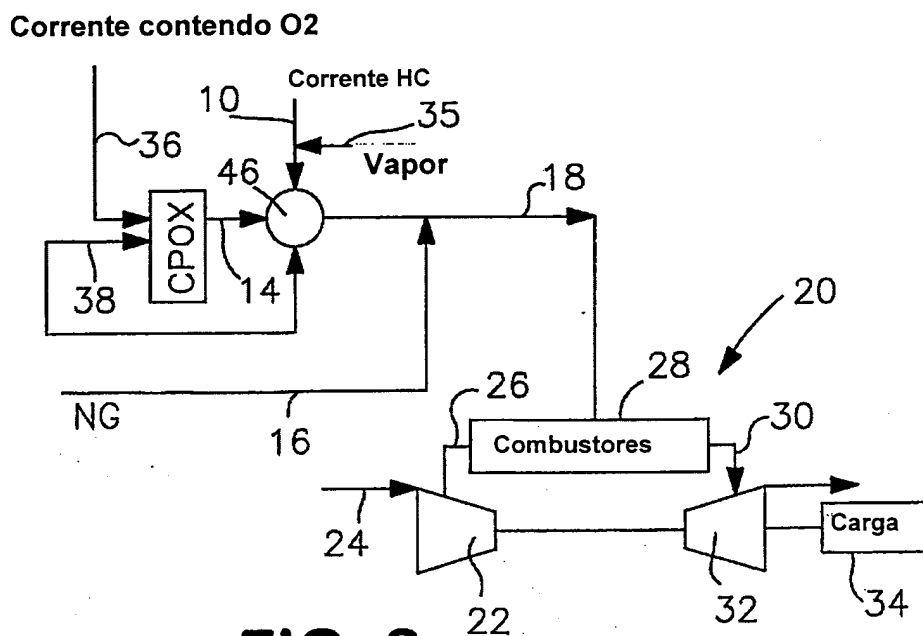


FIG. 2

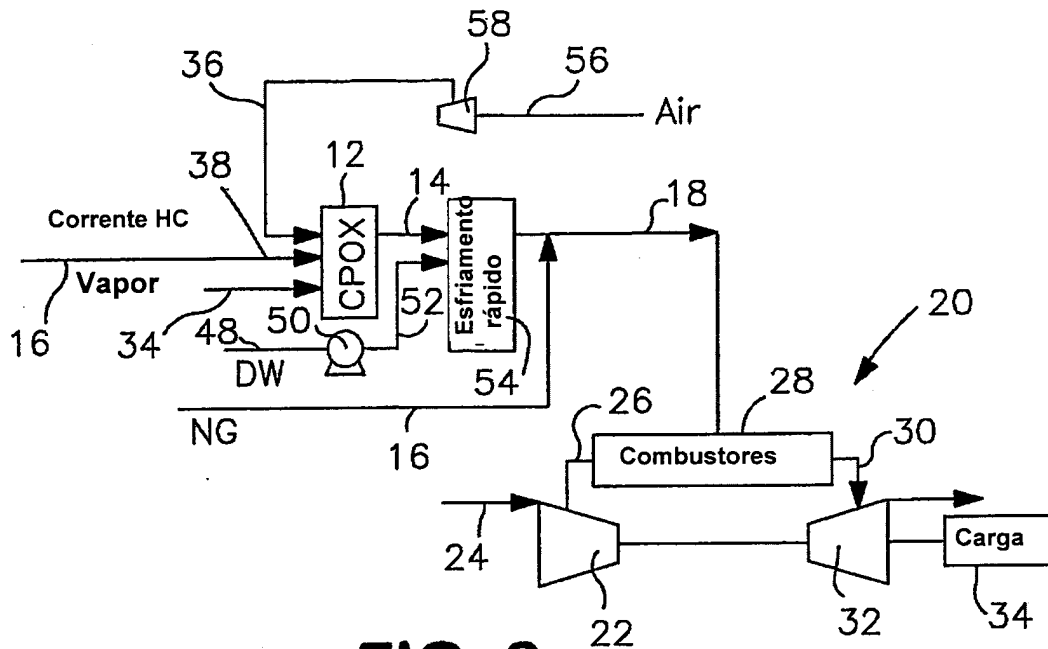


FIG. 3

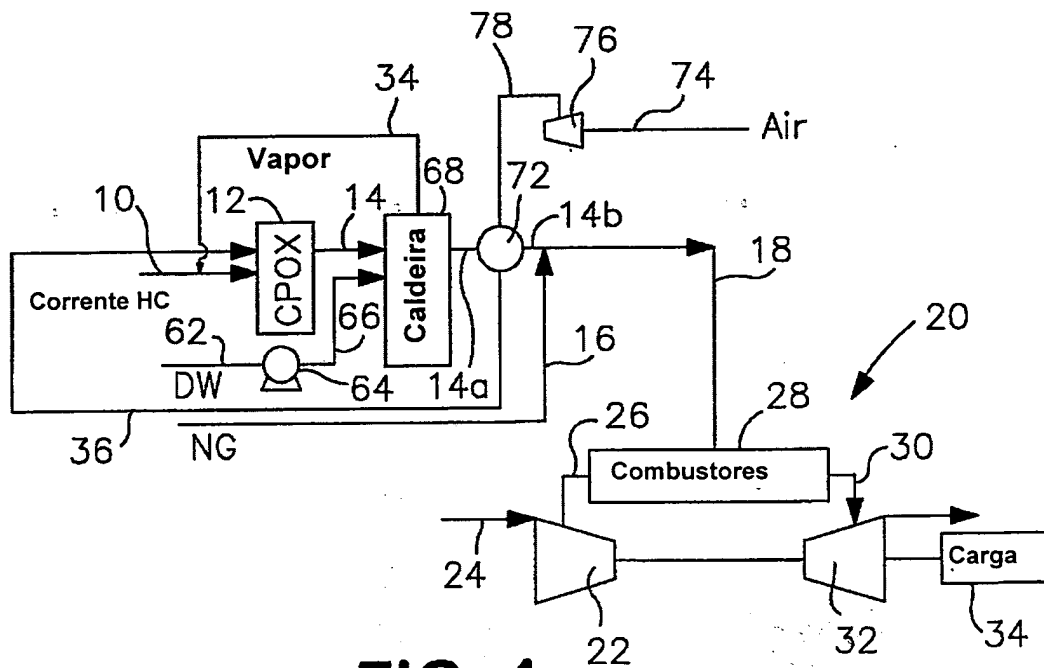


FIG. 4

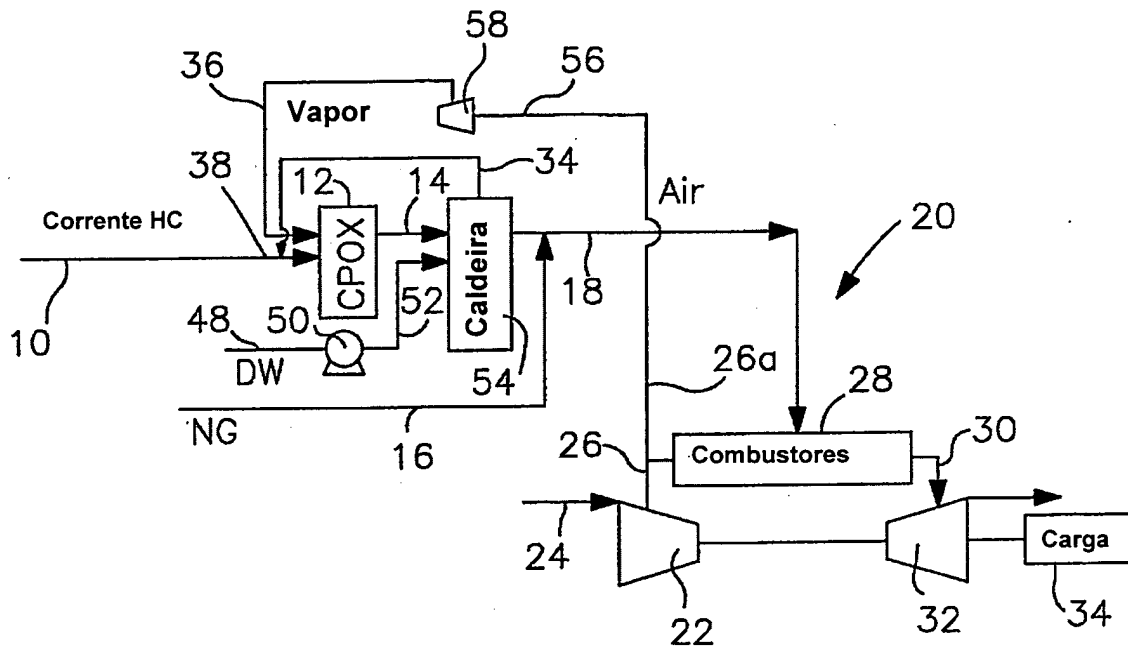


FIG. 5

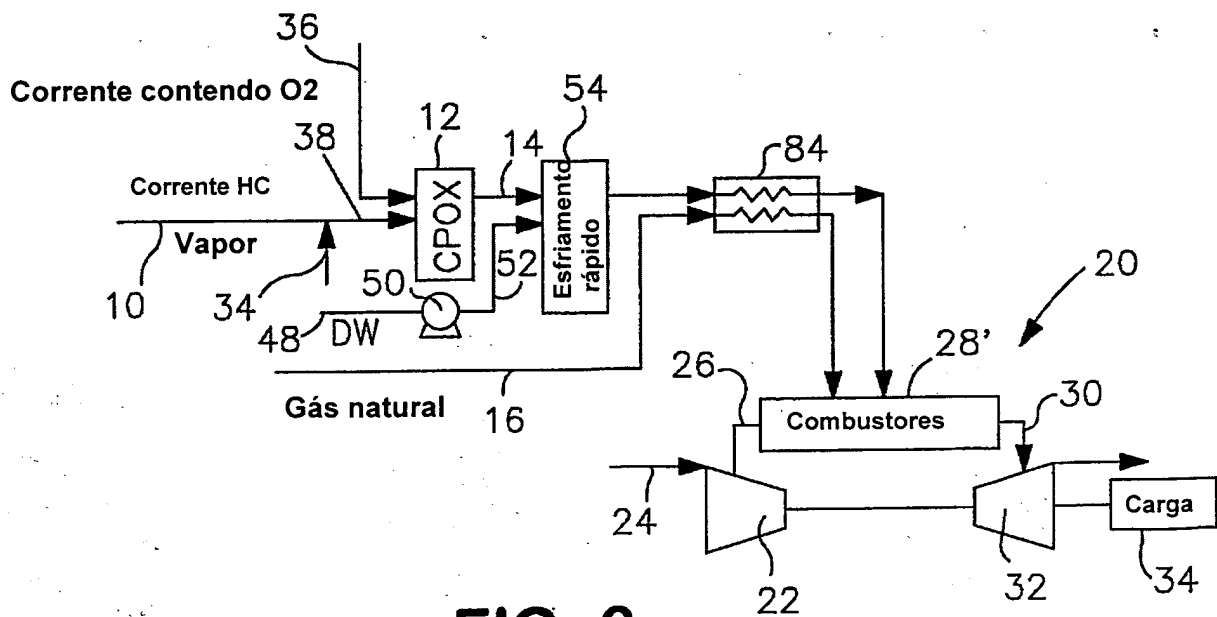
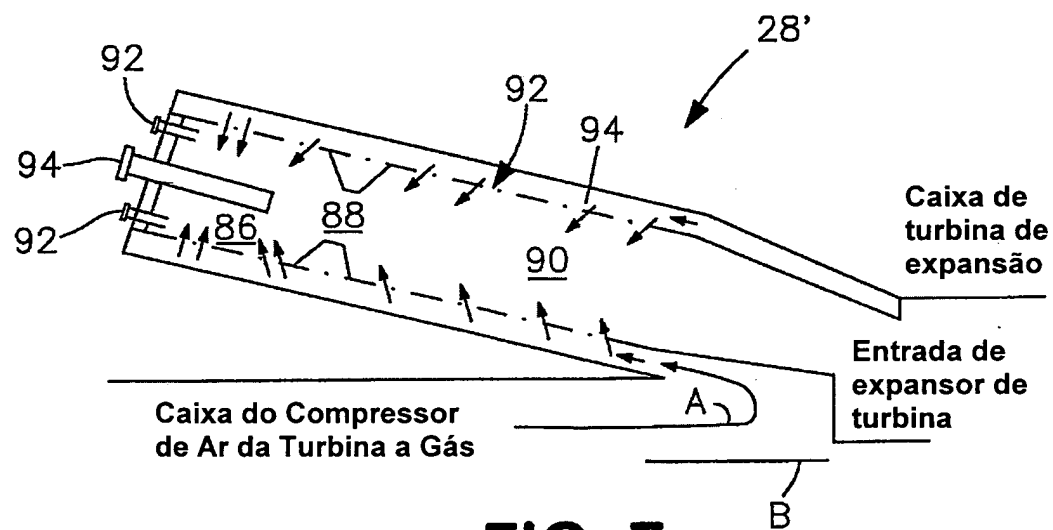


FIG. 6



RESUMO

“MÉTODO PARA PREPARAR E INTRODUIZIR COMBUSTÍVEL DENTRO DE COMBUSTORES DE UMA TURBINA A GÁS”

Método para preparar e introduzir combustível dentro de combustores (28) de uma turbina a gás (20), em que uma alimentação contendo hidrocarboneto (10), oxigênio (36) e vapor (35) é introduzida dentro de um reator de oxidação parcial catalítica (12), em uma relação de oxigênio para carbono entre cerca de 0,08 e cerca de 0,25 e uma relação de água para carbono entre cerca de 0,05 a cerca de 0,5. A alimentação contendo hidrocarboneto contém não menos do que cerca de 15 % em volume, em uma base seca de hidrocarbonetos com pelo menos dois átomos de carbono e/ou pelo menos cerca de 3 % em volume de olefinas. A alimentação (10), oxigênio (36) e vapor (35) são introduzidos dentro do reator (12) em uma temperatura não maior do que 600° C, para produzir uma corrente de produto (14) em uma temperatura entre cerca de 600°C e 860°C e que contém menos do que cerca de 0,5 por cento de olefina e menos do que 10 por cento de hidrocarbonetos com dois ou mais átomos de carbono em uma base seca. A corrente de produto (14) pode ser usada todo o ou como uma parte do combustível para a turbina a gás (20).