



**IPI** INSTITUTO  
NACIONAL  
DA PROPRIEDADE  
INDUSTRIAL  
Assinado  
Digitalmente

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
MINISTÉRIO DA ECONOMIA  
**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**

CARTA PATENTE Nº BR 112015020853-3

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

**(21) Número do Depósito:** BR 112015020853-3

**(22) Data do Depósito:** 19/02/2014

**(43) Data da Publicação Nacional:** 19/06/2018

**(51) Classificação Internacional:** F23C 6/04; F23D 14/04; F23D 17/00; F23L 9/02.

**(30) Prioridade Unionista:** US 13/772,075 de 20/02/2013.

**(54) Título:** REATOR COMBUSTOR A VÁCUO DE COMBUSTÍVEIS MISTOS DE TRIPLO VÓRTICE E MÉTODO DE QUEIMA EFICIENTE DE COMBUSTÍVEIS MISTOS NO REFERIDO REATOR

**(73) Titular:** JORGE DE LA SOVERA. Endereço: BENITO NARDONE 2291, MONTEVIDEO, URUGUAI (UY)

**(72) Inventor:** JORGE DE LA SOVERA.

**(87) Publicação PCT:** WO 2014/128175 de 28/08/2014

**Prazo de Validade:** 20 (vinte) anos contados a partir de 19/02/2014, observadas as condições legais

**Expedida em:** 28/09/2021

Assinado digitalmente por:

**Liane Elizabeth Caldeira Lage**

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

**REATOR COMBUSTOR A VÁCUO DE COMBUSTÍVEIS MISTOS DE  
TRIPLO VÓRTICE E MÉTODO DE QUEIMA EFICIENTE DE  
COMBUSTÍVEIS MISTOS NO REFERIDO REATOR**  
**FUNDAMENTOS**

[0001] Combustores são dispositivos que queimam combustíveis para gerar calor em instalações industriais, tais como aquelas utilizadas na geração de eletricidade, fundição de metais e outros materiais, e usados no processamento de substâncias químicas e outras substâncias. Devido à combustão incompleta em combustores previamente concebidos, exemplos mais recentes utilizam geradores no interior do combustor para criar um vórtice (ou seja, uma mistura rotativa de ar e combustíveis), a fim de fornecer mais oxidantes para o processo de combustão. Embora isto realize o objeto de uma mistura ar-combustível reforçada, um elemento de ignição é requerido para sustentar a combustão e isto pode não realizar a queima interior completa da totalidade do combustível. Soluções que empregam elementos de orientação e espaços de fluxo (isto é, reatores) podem ser igualmente utilizadas, mas incorrem em dificuldades relacionadas à limpeza e acúmulo de resíduos, especialmente se utilizadas com combustíveis de menos qualidade. Da mesma forma, soluções de reator que empregam um combustor de pré-mistura e um tubo de chamas permitem combustão estagiada em misturadores individuais. No entanto, estas soluções também requerem combustíveis de alta qualidade e queima limpa e incorrem em problemas de manutenção resultantes dos resíduos.

**RESUMO DA INVENÇÃO**

[0002] De acordo com modalidades do presente pedido, um combustor reator a vácuo de combustíveis mistos inclui uma câmara de combustão primária, um coletor, um bocal de redução, injetores e uma câmara de combustão secundária. A câmara de combustão primária possui um interior cônico e um primeiro conjunto de lâminas de orientação. O

coletor é conectado à primeira extremidade do interior cônico. O bocal de redução está conectado a uma segunda extremidade do interior cônico. Uma primeira extremidade do bocal de redução conectado ao interior cônico da câmara de combustão primária e uma segunda extremidade do bocal de redução é conectada à câmara de combustão secundária cilíndrica. Os injetores são encaixados perpendicularmente ao bocal de redução e configurados para injetar um segundo combustível na câmara de combustão primária. O segundo combustível é um combustível líquido, tal como um óleo usado, álcool (com um acréscimo de até 50% de água), glicerina, óleo de soja, óleo de combustível industrial (IFO), ou combinações dos mesmos.

[003] A câmara de combustão primária é configurada para permitir a formação natural de dois vórtices de um primeiro combustível a entrar e sair da câmara de combustível primária, e o primeiro conjunto de pás de orientação é configurado para criar um terceiro vórtice que sustenta a rotação do primeiro combustível ao exterior do reator combustor; em algumas modalidades, a câmara de combustão primária tem um material isolante em um espaço entre o exterior cilíndrico e o interior cônico. A câmara de combustão secundária é cilíndrica e compreende um segundo conjunto de pás de orientação configurado para orientar o ar no sentido do interior da câmara de combustão secundária.

[004] Em algumas modalidades, o reator-combustor a vácuo de combustíveis mistos inclui um coletor de captação conectado à porção de captação. O coletor de captação inclui uma câmara de vácuo, um bocal de ar comprimido que se prolonga até o interior do coletor de captação, e uma saída ejetora a prover uma saída em algumas modalidades. De acordo com determinadas modalidades, o bocal de ar comprimido é configurado para injetar ar comprimido na câmara de combustão primária no cerne de uma chama. Combustível gasoso é fornecido para a câmara de combustão primária através do coletor de captação em algumas modalidades. O

combustível gasoso é um gás natural, um subproduto aquoso de eletrólise de água (HHO), ou combinações dos mesmos. Em algumas modalidades, os injetores são configurados para injetar combustível no interior da câmara de combustão primária em sentido contrário à rotação dos vórtices do combustível e/ou são configurados a 30 graus de um eixo da câmara.

[005] Em outras modalidades, um método de queima eficiente de combustíveis mistos em um combustor-reator a vácuo de três vórtices inclui a criação de condições de vácuo em uma câmara de combustão primária cônica por meio da ejeção de ar através de um coletor de captação conectado à câmara de combustão primária cônica. Dá-se prosseguimento ao método introduzindo-se combustíveis na câmara de combustão primária cônica através do coletor de captação, de tal modo que são formados dois vórtices de um primeiro conjunto de combustíveis e gases de saída. O método inclui igualmente a passagem do primeiro conjunto de combustíveis por um primeiro conjunto de pás de orientação na câmara de combustão primária cônica de modo que se forme um terceiro vórtice, sustentando estes três vórtices a rotação através da câmara de combustão cônica e uma câmara de combustão secundária ao exterior do reator combustor. Dá-se prosseguimento ao método injetando-se um segundo conjunto de combustíveis na câmara de combustão primária cônica em um sentido oposto ao sentido de rotação do primeiro conjunto de combustíveis. Em certas modalidades, o primeiro conjunto de combustíveis é composto por combustíveis gasoso e o segundo conjunto de combustíveis é composto por combustíveis líquidos.

#### BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[006] As figuras seguintes representam uma modalidade exemplar da invenção.

[007] A FIG.1 é um diagrama de um reator combustor a vácuo de combustíveis mistos de acordo com a presente invenção;

[008] A FIG.2 é um diagrama de secção transversal de uma câmara de combustão primária de acordo com a presente invenção;

[009] A FIG.3 é uma vista traseira da câmara de combustão primária da FIG.2;

[0010] A FIG.4 é um diagrama em perspectiva do bocal de redução que conecta a câmara de combustão primária e a câmara de combustão secundária de acordo com a presente invenção;

[0011] A FIG.5A é uma vista frontal da câmara de combustão secundária de acordo com a presente invenção;

[0012] A FIG.5B é uma vista em perspectiva da câmara de combustão secundária de acordo com a presente invenção;

[0013] A FIG.5C é uma vista traseira da câmara de combustão secundária de acordo com a presente invenção;

[0014] A FIG.6 é um diagrama simplificado de um coletor de captação, de acordo com a presente invenção; e

[0015] A FIG.7 é um fluxograma que descreve um método de queima eficiente de combustíveis mistos em um reator combustor a vácuo de triplo vórtice de acordo com a invenção.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA

[0016] O reator combustor lustrado e divulgado nesta será descrito com referência a uma modalidade exemplar. A divulgação não deve ser interpretada como sendo limitando, nem tampouco como exigindo, na invenção, todos os recursos descritos. Sempre que possível, elementos similares serão numerados de maneira correspondente, por fins de clareza. Alternativas ilustrativas serão dados sempre que for o caso, mas outros equivalentes podem ser prontamente evidentes e são contempladas, quando apropriado.

[0017] A FIG.1 ilustra uma secção transversal de um reator combustor a vácuo de combustíveis mistos 100 de acordo com modalidades da presente divulgação. O reator combustor 100 inclui uma

câmara de combustão primário 110 conectada a um bocal de redução 120 que, por sua vez, está conectado a uma câmara de combustão secundária 130. O reator combustor 100 inclui adicionalmente injetores 140 posicionados perpendicularmente no bocal de redução 120. A câmara de combustão primária 110 é igualmente conectada a um coletor de captação 150 posicionado do lado oposto ao bocal de redução 120. Cada um dos elementos acima será descrito mais detalhadamente abaixo, mas a partir de uma perspectiva de alto nível, gases e ar comprimido são introduzidos na câmara de combustão primária 110 a partir do coletor de captação 150 para dar início a um processo de combustão em condições de vácuo. Injetores 140 injetam combustível adicional que será misturado aos combustíveis previamente fornecidos para criar uma mistura de combustível. A mistura de combustível, durante todo seu trânsito rumo ao exterior da câmara de combustão secundária 130, continua a girar e se move lentamente, causando combustão mais completa e mais limpa independentemente da qualidade dos combustíveis utilizados. Em diferentes modalidades, o reator combustor 100 pode ser conectado a uma fornalha com um flange (não mostrado) antes ou depois de injetores 140.

[0018] A câmara de combustão primária 110 tem um exterior cilíndrico com interior cônico, tal como será descrito com referência à FIG. 2 abaixo. O interior cônico conecta-se, em sua extremidade menor, ao coletor de captação 150 e, em sua extremidade maior, ao bocal de redução 120. Combustíveis e ar comprimido são introduzidos na câmara de combustão primária 110 a partir do coletor de captação 150, causando combustão na câmara de combustão primária 110 (*i.e.*, como um combustor). De acordo com modalidades da presente divulgação, qualquer tipo de gás combustível pode ser utilizado. Por exemplo, gás natural poderia ser usado, bem como o HHO, o subproduto da eletrólise de água.

[0019] Devido, pelo menos em parte, ao fato de que o coletor de captação 150 e a câmara de combustão primária 110 são configurados

para operar em condições de vácuo, podem ser alcançadas altas temperatura e um craqueamento térmico imediato. Devido às condições de vácuo, os gases são atraídos para o interior da câmara de combustão em vez de serem empurrados para o interior da câmara. Isto permite a queima de gases que podem se tornar explosivos quando comprimidos (como o HHO) e oxidação mais eficiente de combustíveis mais pesados. As condições de vácuo viabilizam também objetivos termais específicos, tais como o isolamento da câmara de combustão primária e ligação mais rápida do reator combustor, o que não seria viável se condições de vácuo não fossem utilizadas.

[0020] Durante esta etapa do processo de combustão, os combustíveis fornecidos ao interior da câmara de combustão primária 110 a partir do coletor de captação 150 criam dois vórtices de gases de entrada e saída naturalmente a partir de condições de vácuo. Estes vórtices de ocorrência natural sobrevêm quando as condições de vácuo fazem com que o gás a entrar e sair da câmara gire devido a diferenças de pressão, como água entrando ou saindo de modo rápido em dinâmicas fluidas, ou como faz o ar atrás da asa de uma aeronave.

[0021] Embora não seja necessária uma vez em operação, a câmara de combustão primária é pré-aquecida usando-se uma pequena quantidade de combustível, como HHO e gás natural. Por exemplo, 3 m<sup>3</sup>/hr de HHO e 16 m<sup>3</sup>/hr de gás natural podem ser usados para pré-aquecer a câmara até aproximadamente 2200 graus por 20 minutos antes da introdução de um segundo combustível no sistema, tal como descrito abaixo. Uma vez pré-aquecido o reator combustor 100, o HHO pode ser removido sem que o desempenho seja afetado. O HHO fornece oxigênio e uma velocidade de fluxo laminar de hidrogênio à chama sete vezes mais rápida que o metano, permitindo, portanto, melhor craqueamento e combustão, e, novamente, reduzindo as emissões.

[0022] A FIG.2 é um diagrama em secção transversal de uma câmara de combustão primária 110 de acordo com modalidades da presente divulgação. A câmara de combustão primária 110 tem um exterior cilíndrico 210 e um interior cônico 220. O material isolante 230 é incluído entre o exterior 210 e o interior 220. Da mesma forma, a câmara de combustão primária 110 possui um primeiro conjunto de pás de orientação 240 dentro do interior cônico 220. As pás de orientação 240 são configuradas de modo a criar um terceiro vórtice em uma câmara de combustão primária 110 pelo que os dois vórtices de combustíveis giratórios são cercados, criando um terceiro vórtice. Este terceiro vórtice ralenta o trânsito de combustível através do reator combustor, o que resulta em combustão completa e limpa independentemente da qualidade do combustível.

[0023] O interior cônico 220 tem uma primeira extremidade 222 e uma segunda extremidade 224. A primeira extremidade 222 é a extremidade menor do interior cuneiforme, e provê o ponto de entrada para os gases de combustível e ar comprimido que entram a partir do coletor de captação 150. A câmara de combustão primária 110 pode incluir uma conexão rosqueada 226 na primeira extremidade 222 para uso com uma conexão de contrapartida do coletor de captação 150 de modo a introduzir os combustíveis no interior das câmaras de combustão do reator combustor.

[0024] O coletor de captação 150 e a câmara de combustão primária 110 devem encontrar-se conectados de tal maneira que a câmara de vácuo associada conectada à câmara de combustão primária possa criar condições de vácuo para que os gases sejam sugados ao interior da câmara de combustão primária 110. O ar comprimido é também alimentado ao núcleo da chama na câmara de combustão primária 110, em vez de pulverizado e em seguida posto em ignição, como sucede em muitos combustores convencionais. Em algumas modalidades, a câmara de



combustão primária 110 é feita de um material tal como aço inoxidável isolado, de modo a eliminar aderência de resíduos combustíveis. A ausência de obstruções tais como as que se verificam em soluções reatoras típicas aperfeiçoa também a manutenção e a confiabilidade.

[0025] A FIG.3 é uma vista traseira da câmara de combustão primária 110 da FIG.2 de acordo com modalidades da presente divulgação. Ilustram-se nesta vista o exterior cilíndrico 210, o interior cônico 220 ao longo de uma porção do cone (ilustrada como um círculo tracejado concêntrico ao exterior 210) e um primeiro conjunto de pás de orientação 240. As pás de orientação 240 fazem com que os combustíveis que estão adentrando a câmara de combustão primária a partir de detrás das pás, por meio do coletor de captação 150, girem no terceiro vórtice. Nesta figura, o combustível estaria girando tanto em um sentido horário quanto anti-horário, e estaria transitando pelo sistema de tal maneira que seria empurrado para fora do diagrama no sentido do leitor.

[0026] Os injetores 140 no bocal de redução 120 fornecem combustíveis adicionais aos combustíveis já em movimento giratório introduzidos na extremidade oposta da câmara de combustão primária 110. Os combustíveis injetados pelos injetores 140 são fornecidos em sentido oposto ao fluxo dos combustíveis previamente introduzidos (isto é, os combustíveis gasosos fornecidos a partir do coletor de captação 150). Estes combustíveis são fluidos e podem ser de qualquer qualidade de combustível disponível. Por exemplo, são fornecidos dados experimentais abaixo que mostram a operação das modalidades descritas em óleo de soja, óleo residual, glicerina, combustíveis de hidrocarboneto refinados de maior qualidade, bem como várias misturas destes fluidos. Outros combustíveis líquidos incluem álcool, que não precisam ser livres de água. Por exemplo, álcool com até 50 % de água já foi utilizado com as modalidades descritas.

[0027] A FIG.4 é um diagrama em perspectiva de um bocal de redução 120 de acordo com modalidades da presente divulgação. O bocal de redução 120 é configurado para conectar-se à segunda extremidade 224 do interior cônico 220 da câmara de combustão primária 110, tal como descrito acima. Bocal de redução 120 tem uma primeira porção troncocônica 410 com um diâmetro maior, de modo a conectar-se à câmara de combustão primária 110. O bocal de redução 120 tem uma segunda parte cilíndrica 420 que se estende a partir de um diâmetro menor da primeira porção troncocônica 410 até a câmara de combustão secundária 130.

[0028] A primeira porção 410 tem injetores 140 encaixados à mesma que permitem a injeção do segundo conjunto de combustíveis, isto é, os combustíveis líquidos, para o interior da câmara primária 110. Injetores 140 são encaixados de maneira perpendicular à primeira porção 410. Onde a primeira parte encontra-se em um ângulo de aproximadamente 60° com referência à horizontal em que os injetores estão encaixados, os injetores estariam encaixados de modo a adentrarem a câmara primária e um ângulo de aproximadamente 30° quando visto com relação ao plano horizontal e em sentido oposto ao fluxo dos combustíveis gasosos giratórios. Pás (ilustradas, mas não numeradas) são soldadas à segunda porção cilíndrica 420 do bocal de redução 120 a 45 graus do eixo longitudinal. Estas pás serão descritas mais detalhadamente abaixo.

[0029] Devido à alta temperatura e às pressões geradas pelas modalidades descritas, os injetores 140 são resfriados. Em algumas modalidades, os injetores 140 são resfriados por bocais de resfriamento (não mostrados nem numerados). Em algumas modalidades, bocais de redução são parte de um circuito aberto que se utiliza de ar comprimido ou gás. Por exemplo, aproximadamente 0.5 Kg/cm<sup>2</sup> de ar comprimido ou gás são usados em um circuito aberto que drena no interior do aparelho. Em outras modalidades, é usado um sistema fechado de óleo e bomba. Com

um tal sistema fechado, o óleo e a bomba simultaneamente aquece o tanque de serviço através de um permutador térmico.

[0030] A FIG.5A é uma vista frontal de uma câmara de combustão secundária 130 de acordo com modalidades da presente divulgação. As FIGs. 5B e 5C são perspectivas e vistas traseiras da câmara de combustão secundária 130 de acordo com modalidades da presente divulgação. A câmara de combustão secundária cilíndrica 130 tem um diâmetro exterior 510 e um diâmetro interno 520, em que a segunda porção 420 do bocal de redução 120 insere. Entre os dois diâmetros encontram-se as pás 530, as quais servem como uma entrada de ar para a câmara de combustão secundária 130. Desta forma, ar adicional que exceda os combustíveis gasosos e o ar comprimido alimentando ao núcleo da chama estão disponíveis para oxidação mais completa da mistura combustível gasosa-líquida. A mistura gás-líquido continua a girar conforme é empurrada até o exterior da câmara de combustão secundária 130, permitindo combustão completa. Devido a este processo aperfeiçoado, sem o uso de elementos de orientação, espaço de fluxo ou tubos de chama tal como encontrados em soluções convencionais, menos são criados ou acumulados. Novamente, isto permite emissões mais limpas por parte do sistema independentemente da qualidade do combustível utilizado.

[0031] A FIG.6 é um diagrama simplificado de um coletor de captação 150 e válvulas de regulação de acordo com modalidades da presente divulgação. O coletor de captação 150 inclui uma conexão rosqueada 610 para conexão com a conexão rosqueada 226 da câmara de combustão primária 110. O coletor de captação inclui uma câmara de vácuo na forma de um invólucro 620. O invólucro 620 tem também uma entrada de bocal de ar comprimido 630, através da qual o ar comprimido é fornecido por meio de um bocal de ar comprimido 640. Diferentemente de outros sistemas que cercam de ar misturas de combustível pulverizadas, o que resulta em combustão incompleta, o sistema presentemente divulgado

opera a partir do princípio oposto de prover ar comprimido (aproximadamente 10 barras ou mais) no núcleo da chama através do bocal 640.

[0032] Válvulas de regulação 650 proveem controles ao fluxo de gás e ar para o interior e o exterior do coletor de captação 150. Devido às condições de vácuo, qualquer tipo de gás combustível pode ser atraído às câmaras de combustão e usado no reator combustor 100. Devido ao design de vórtice triplo, a mistura de gás é mais consistente independentemente do gás utilizado, incluindo gás mais pesados, ao passo que o gás é reciclado de maneira mais eficiente no interior das câmaras de combustão.

[0033] Como resultado, combustíveis gasosos previamente indesejados, tais como HHO, podem ser utilizados em combinação com qualquer combustível líquido, como, por exemplo, óleo residual, glicerina, e outros combustíveis. Isto permite também a mistura de combustíveis de maior qualidade com combustíveis indesejáveis, para reduzir a quantidade de combustível de alta qualidade usado. Devido à sua capacidade de queimar qualquer combinação de gás combustíveis e líquidos ao mesmo tempo, sua elevada temperatura de funcionamento, o ar comprimido injetado, o vácuo e o retardamento no trânsito da chama através das câmaras de combustão devido à sua rotação, as modalidades descritas reduzem as emissões e o preço por KW de potência térmica entregue comparado a conversores de energia convencionais. O uso das modalidades reivindicadas permite igualmente o descarte apropriado de óleo residual a partir de maquinaria de combustão interna, ao passo que metais residuais contidos no óleo residual se condensam em líquido e, eventualmente, a sólidos no fundo da segunda câmara.

[0034] A FIG.7 é um fluxograma de um método 700 de queima eficiente de combustíveis mistos em um reator combustor vácuo de triplo vórtice. O método começa com a criação de condições de vácuo em uma câmara de combustão cônica primária mediante a ejeção de ar através do

coletor de captação conectado à câmara de combustão primária cônica em uma etapa 710. Na etapa 720, um primeiro conjunto de combustíveis é introduzido no interior (isto é, sugados para o interior) da câmara de combustão primária cônica através do coletor de captação, de tal modo que são formados dois vórtices de um primeiro conjunto de combustíveis e gases de saída. O primeiro conjunto de combustíveis é passado por sobre um primeiro conjunto de pás de orientação na câmara de combustão cônica primária para formar um terceiro vórtice a uma etapa 730. Os três vórtices sustentam rotação através da câmara de combustão cônica e uma câmara de combustão secundária ao exterior do reator combustor. Em uma etapa 740, um segundo conjunto de combustíveis é injetado no interior da câmara de combustão cônica primária em um sentido oposto ao sentido de rotação do primeiro conjunto de combustíveis, permitindo oxidação de uma mistura de combustíveis.

[0035] Através da formação dos três vórtices, a rotação dos combustíveis pode ser mantida ao longo das câmaras de combustão e o trânsito dos combustíveis é ralentado. O trânsito mais lento dos combustíveis conduz à combustão mais completa. Este ciclo de combustão mais lento promove, por sua vez, uma queima mais completa, que permite que o reator combustor 100 use qualquer combinação de combustíveis gasosos e líquidos. Combustíveis de menor qualidade, tais como glicerina, óleo residual, ou combinações dos dois, podem ser substituídos por combustíveis que se deixam queimar tipicamente de modo mais limpo, tais como o óleo de combustível industrial tais como óleo combustível industrial (IFO) 380 ou biodiesel. Além disso, menos emissões são geradas, o que resulta em uma geração de calor menos impactante para o meio-ambiente. Resíduos e problemas de manutenção são reduzidos ou eliminados, e calor consistente e confiável pode ser gerado.

<b>Combustível</b>	<b>USD/KW/HR</b>	<b>Em comparação</b>	<b>Em comparação</b>
--------------------	------------------	--------------------------	--------------------------

		<b>com Biodiesel</b>	<b>com IFO 380</b>
Biodiesel	0.144	0%	Perda-227%
IFO 380	0.044	70%	0%
Óleo de soja	0.127	12%	Perda-188%
Glicerina e Óleo de Soja 50/50	0.0792	45%	Perda-79%
Óleo de soja e Óleo Residual	0.071	50%	Perda -61%
Propano/Butano	0.07	51%	Perda-59%
Gás Natural	0.0525	65%	Perda -19%
Glicerina	0.315	78%	28%
Glicerina e Óleo Residual 50/50	0.023	84%	48%
Óleo Residual	0.015	89%	66%

Tabela 1 – Economias Comparativas em USD

[0036] Dados experimentais de saída obtidos pelo combustor de triplo vórtice da presente divulgação são mostrados na Tabela 1. A Tabela 1 mostra o custo por Kilowatt/hora de energia térmica obtida a partir da combustão interna de glicerina e/ou óleo residual a partir de máquina, a qual é reduzida de 28% a 66% em comparação ao mais barato combustível fóssil industrial (isto é, óleo combustível industrial (IFO) 380).

[0037] A modalidade supra descritas e dados experimentais relacionados proveem exemplos dos conceitos inventivos da presente divulgação. Modalidades alternativas incluem modificação da câmara de vácuo e válvulas de regulação de modo a introduzir combustíveis sólidos no interior da câmara de combustão primária em vez de, ou em acréscimo aos combustíveis gasosos divulgados. Por exemplo, a adaptação pode ser desempenhada de modo a fornecer pó de carbono ou semelhante a partir do lado vacuoso da câmara de combustão. Este combustível sólido pode ser

misturado com combustíveis gasosos e/ou líquidos para prover uma diferente mistura de combustíveis nesta modalidade.

[0038] As descrições supramencionadas proveem detalhes o bastante para permitir um indivíduo moderadamente versado na técnica produza e faça uso das modalidades divulgadas. No entanto, outras modalidades alternativas podem ser prontamente evidentes, dadas as descrições acima. São contemplados equivalentes dentro do espírito e do escopo da presente divulgação. Portanto, o assunto da presente divulgação deve ser compreendido como limitado pelas reivindicações a seguir.

## **REIVINDICAÇÕES**

1. Reator combustor (100) a vácuo de combustíveis mistos de triplo vórtice, **caracterizado** pelo fato de compreender:

um coletor de captação (150), incluindo uma câmara de vácuo (620), uma entrada de bocal de ar comprimido (630) conducente ao interior da câmara de vácuo (620), um bocal de ar comprimido (640) adentrando a câmara de vácuo (620) através da entrada de bocal de ar comprimido (630), e uma saída ejetora, em que o coletor de captação (150) é configurado pra fornecer um combustível gasoso a uma câmara de combustão primária (110);

uma câmara de combustão primária (110) com exterior cilíndrico (210) e interior cônico (220), tendo o interior cônico (220) uma primeira extremidade (222) com diâmetro menor e uma segunda extremidade (224) com diâmetro maior, e estando a primeira extremidade (222) do interior cônico (220) conectada ao coletor de captação (150), o interior cônico (220) incluindo adicionalmente um primeiro conjunto de pás de orientação (240);

um bocal de redução (120) conectado à segunda extremidade (224) do interior cônico (220) da câmara de combustão primária (110), tendo o bocal de redução (120) uma primeira porção troncocônica (410) com diâmetro maior conectada à câmara de combustão primária (110) e uma segunda porção cilíndrica (420) que se estende a partir de um diâmetro menor da primeira porção troncocônica (410);

injetores (140) perpendiculares à primeira porção troncocônica (410) do bocal de redução (120) configurados para injetar combustível líquido na câmara de combustão primária (110); e

uma câmara de combustão secundária (130) cilíndrica com um segundo conjunto de pás de orientação (530) configuradas para orientar o ar à câmara de combustão secundária (130),



em que o diâmetro menor da câmara de combustão primária (110) em sua primeira extremidade (222), o diâmetro maior da câmara de combustão primária (110) em sua segunda extremidade (224) e o primeiro conjunto de pás de orientação (240) formam três vórtices de combustível de modo a sustentar rotação do combustível até o exterior do reator combustor (100) e trânsito lento dos combustíveis para dar ensejo à combustão completa.

2. Reator combustor a vácuo de combustíveis mistos, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o bocal de ar comprimido está configurado para soprar ar comprimido ao núcleo da chama da câmara de combustível primária por meio do coletor de captação.

3. Reator combustor a vácuo de combustíveis mistos, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que os injetores estão configurados para injetar o combustível líquido na câmara de combustão primária em sentido oposto ao da rotação do combustível gasoso, sendo o referido sentido de rotação do combustível gasoso o terceiro vórtice formado pelo primeiro conjunto de pás de orientação, em sentido horário ou anti-horário em relação ao interior cônico (220) da câmara de combustão primária (110).

4. Reator combustor a vácuo de combustíveis mistos, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o combustível gasoso é um gás natural, um subproduto aquoso de eletrólise de água (HHO), ou combinações dos mesmos.

5. Reator combustor a vácuo de combustíveis mistos, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o combustível líquido é óleo residual, glicerina, óleo de soja, óleo de combustível industrial (IFO), ou combinações dos mesmos.

6. Método de queima eficiente de combustíveis mistos em um reator combustor (100) a vácuo de combustíveis mistos de triplo vórtice, conforme

qualquer uma das reivindicações 1 a 5, sendo o método **caracterizado** pelo fato de compreender:

a criação de condições de vácuo em uma câmara de combustão primária (110) cônica mediante a ejeção de ar através do coletor de captação (150) conectado à câmara de combustão primária cônica (110);

a introdução de combustíveis na câmara de combustão primária (110) cônica por meio do coletor de captação (150), de modo que o diâmetro menor da câmara de combustão primária (110) em sua primeira extremidade (222) e o diâmetro maior da câmara de combustão primária (110) em sua segunda extremidade (224) formam dois vórtices de um primeiro conjunto de combustíveis e gases de saída;

a passagem do primeiro conjunto de combustíveis por um primeiro conjunto de pás de orientação (240) na câmara de combustão primária (110) cônica de modo que se forme um terceiro vórtice, estes três vórtices sustentando a rotação através da câmara de combustão (110) cônica e uma câmara de combustão secundária (130) ao exterior do reator combustor (100); e

a injeção, por meio de injetores (140), de um segundo conjunto de combustíveis no interior da câmara de combustão primária (110) cônica em um sentido oposto ao sentido de rotação do primeiro conjunto de combustíveis.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de que o primeiro conjunto de combustíveis são combustíveis gasosos e o segundo conjunto de combustíveis são combustíveis líquidos.

8. Método, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de compreender adicionalmente a introdução do ar ao interior da câmara de combustão secundária (130) através das pás (530) de uma entrada de ar secundária.

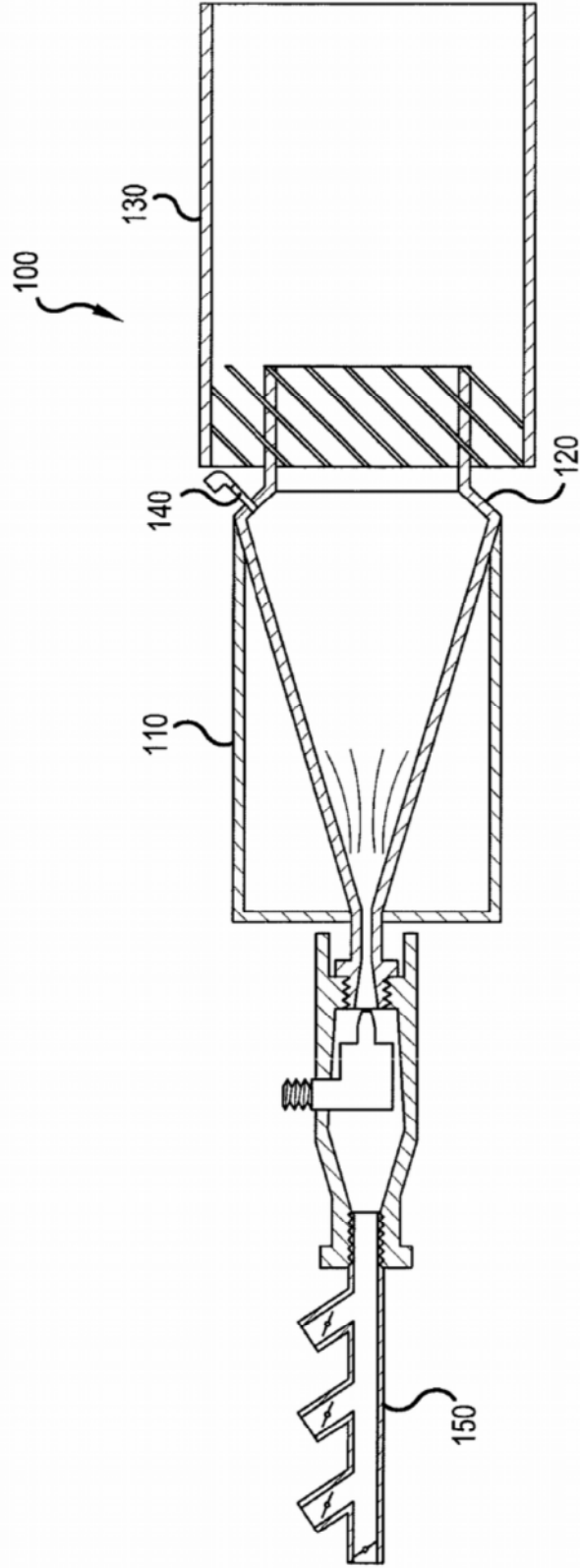


FIG.1

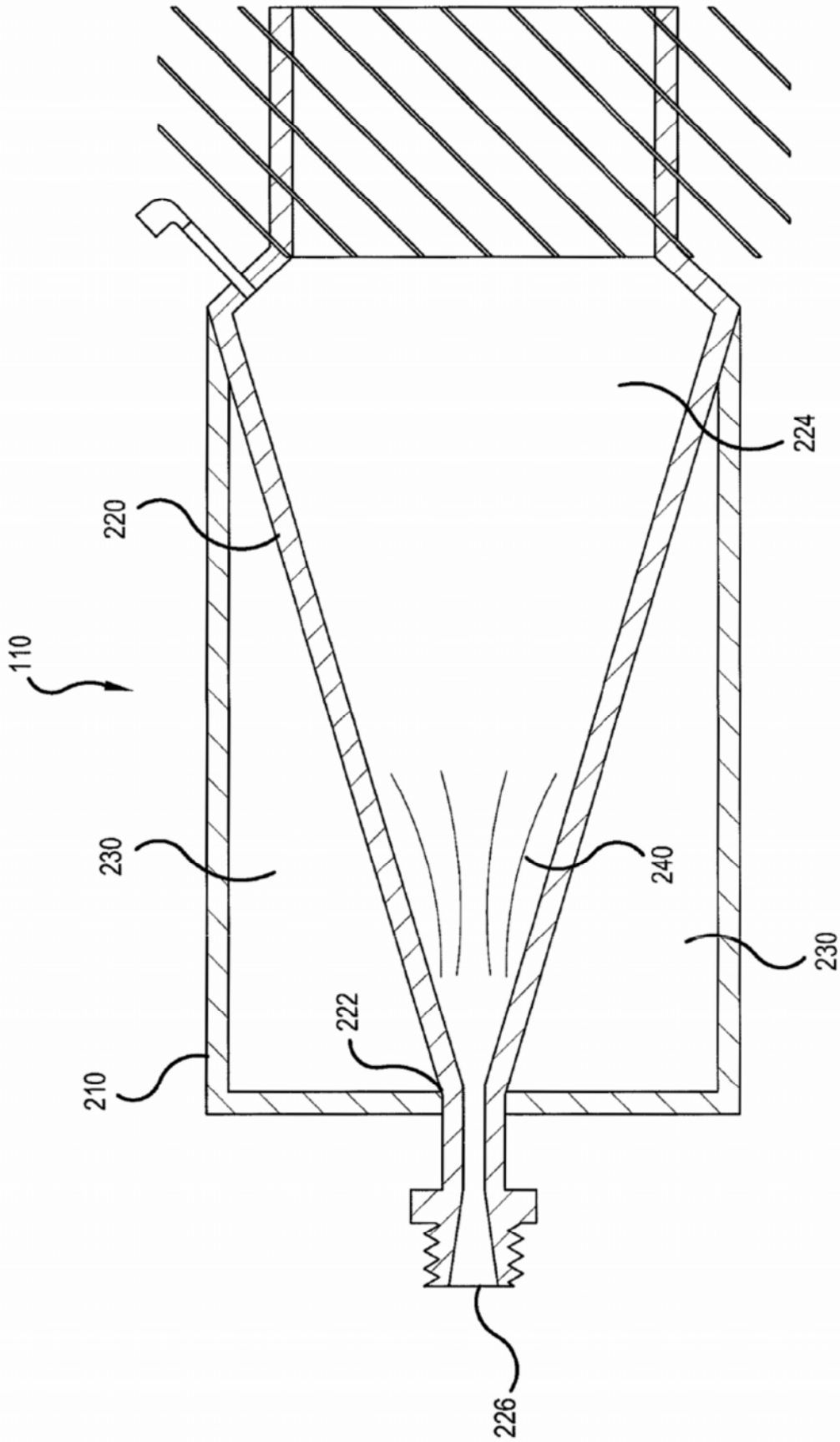


FIG.2

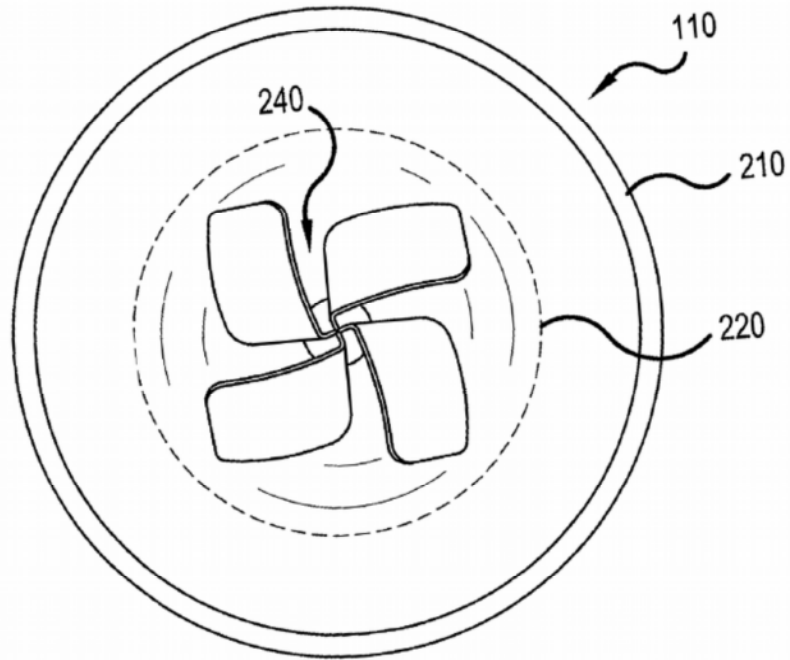


FIG. 3

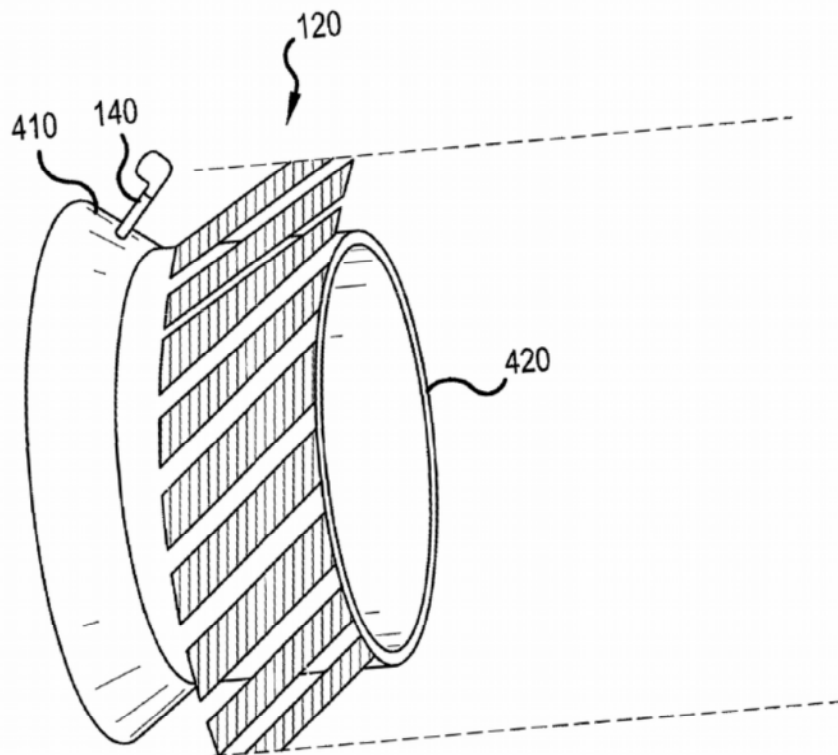
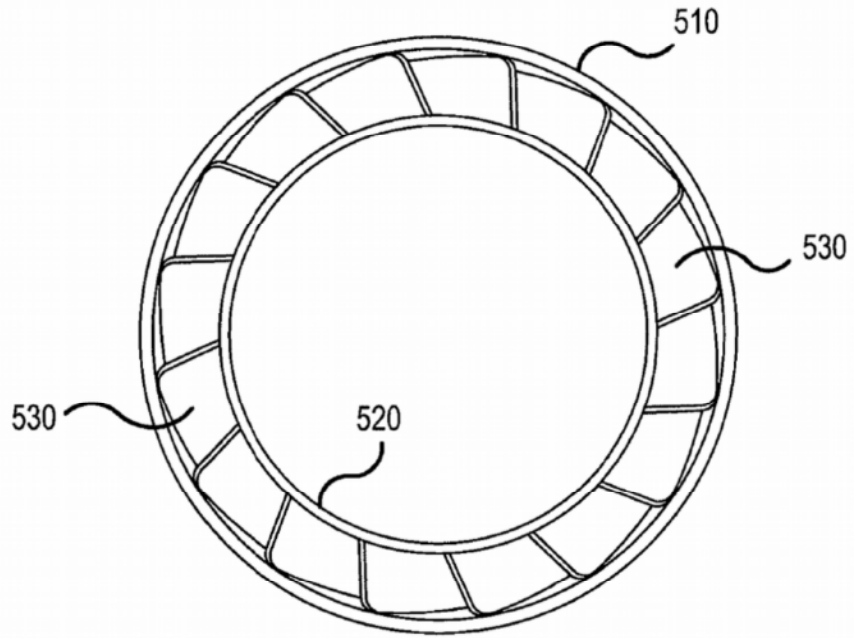


FIG. 4



**FIG.5A**

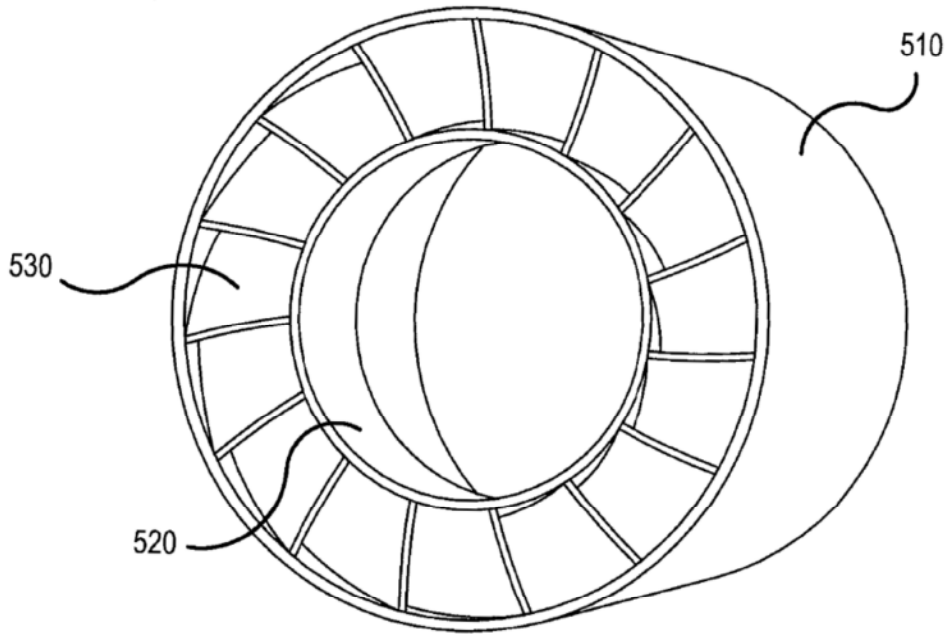
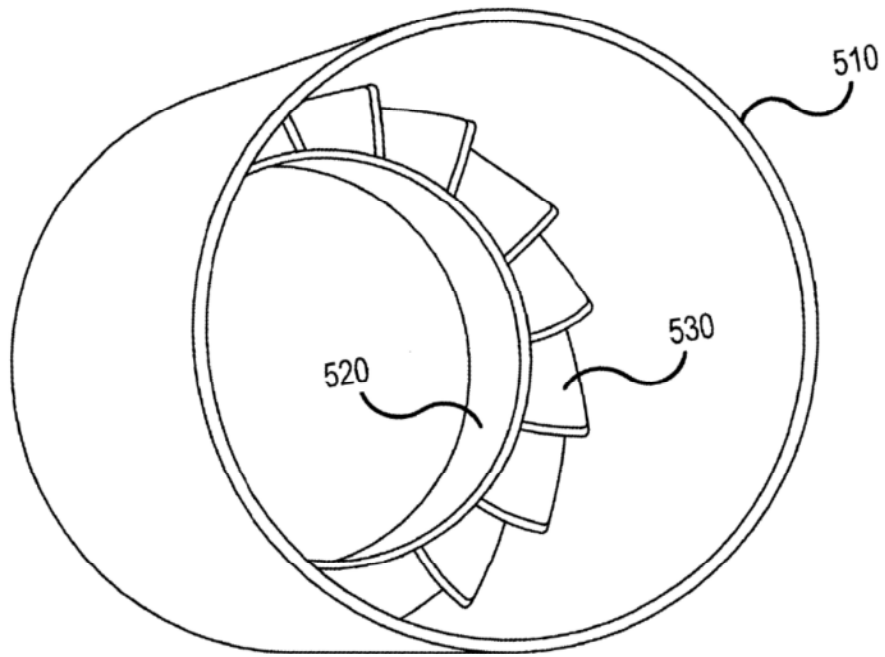


FIG.5B



**FIG.5C**



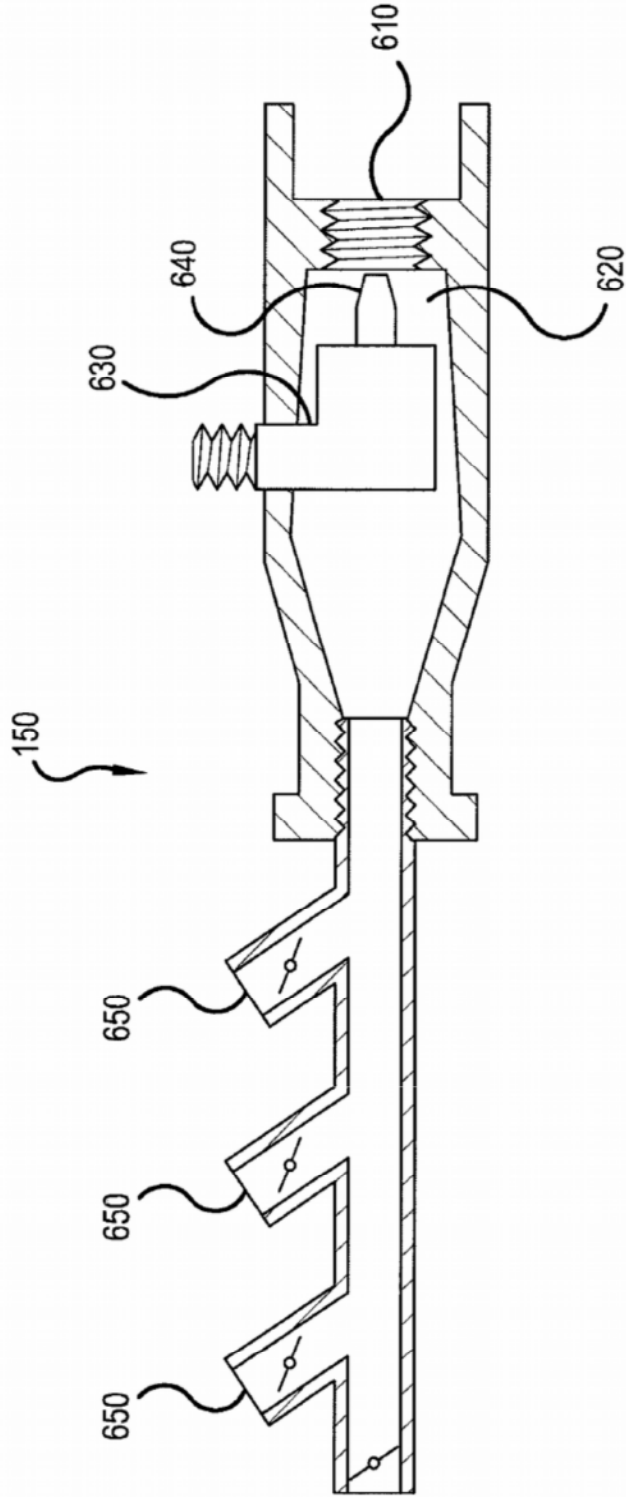


FIG.6

