



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

(11) PI 0716470-0 B1

(22) Data do Depósito: 07/09/2007

(45) Data de Concessão: 02/01/2018



(54) Título: SISTEMA E PROCESSO ULTASSÔNICO DE TRATAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE LÍQUIDO

(51) Int.Cl.: B01J 19/10; F02M 69/04

(30) Prioridade Unionista: 08/09/2006 US 11/530.311, 20/07/2007 US 11/780.860

(73) Titular(es): KIMBERLY-CLARK WORLDWIDE , INC

(72) Inventor(es): THOMAS DAVID EHLERT; PATRICK SEAN MCNICHOLS

“SISTEMA E PROCESSO ULTRASSÔNICO DE TRATAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE LÍQUIDO”

CAMPO DA INVENÇÃO

Esta invenção se relaciona em geral com sistemas de tratamento e de distribuição
5 de líquido para tratar e subsequentemente distribuir um borrico atomizado de líquido, e mais particularmente, com um sistema ultrassônico de tratamento e de distribuição no qual a energia ultrassônica é aplicada para o líquido pelo sistema antes do líquido sair do sistema.

ANTECEDENTES

Os dispositivos ultrassônicos de distribuição de líquido são utilizados em vários
10 campos para energizar o líquido para o propósito de atomizar o líquido para proporcionar uma nuvem ou borrico tênue do líquido. Por exemplo, tais dispositivos são utilizados como nebulizadores e como outros dispositivos de distribuição de remédio, como equipamento de moldagem, como umidificadores, como sistemas de injeção de combustível para motores, como sistemas de borrico de pintura, como sistemas de distribuição de tinta, como sistemas
15 de mistura, como sistemas de homogeneização, e assim por diante. Tais dispositivos de distribuição tipicamente compreendem um invólucro que possui um caminho de fluxo através do qual o líquido flui em um estado pressurizado até pelo menos uma e algumas vezes até várias saídas ou orifícios de exaustão do invólucro. O líquido pressurizado é forçado a sair do invólucro nas aberturas de exaustão. Em algumas construções, o
20 dispositivo pode incluir um membro de válvula para controlar o fluxo de líquido a partir do dispositivo.

Em alguns dispositivos ultrassônicos de distribuição de líquido convencionais, um membro de excitação ultrassônica tipicamente é incorporado no dispositivo, e mais particularmente, forma a parte do invólucro que define as aberturas de exaustão. O membro
25 de excitação é vibrado de forma ultrassônica à medida que o líquido sai das aberturas de exaustão para energizar concedendo energia ultrassônica para o líquido que sai. A energia ultrassônica tende a atomizar o líquido, de modo que um borrico de gotículas de líquido é distribuído a partir das aberturas de exaustão. Como um exemplo, a Patente US 5.330.100 (Malinowski) revela um sistema de injeção de combustível no qual um bocal (por exemplo,
30 parte do invólucro) do injetor de combustível é construído para vibrar de forma ultrassônica, de modo que a energia ultrassônica seja concedida para o combustível, à medida que o combustível escoar através de um orifício de saída do injetor. Em tal configuração, existe o risco de que a própria vibração do bocal irá resultar em erosão por cavitação (por exemplo, devido à cavitação do combustível dentro do orifício de saída) do bocal no orifício de saída.

35 Em outros dispositivos ultrassônicos de distribuição de líquido, o membro de excitação ultrassônica pode ser disposto no caminho do fluxo através do qual o líquido flui dentro do invólucro à montante das aberturas de exaustão. Exemplos de tal dispositivo são

revelados nas Patentes US relacionadas 5.803.106 (Cohen e outros); 5.868.153 (Cohen e outros); 6.053.424 (Gipson e outros) e 6.380.264 (Jameson e outros), cujas revelações são incorporadas neste documento por referência. Estas referências geralmente revelam um dispositivo para aumentar a taxa de fluxo de um líquido pressurizado através de um orifício pela aplicação de energia ultrassônica para o líquido pressurizado. Em particular, o líquido pressurizado é distribuído para dentro da câmara de um invólucro possuindo uma ponta de molde que inclui um orifício de saída (ou orifícios de saída) através do qual o líquido pressurizado sai da câmara.

Uma trompa ultrassônica se estende de forma longitudinal em parte dentro da câmara e em parte para o exterior da cama, e possui um diâmetro que diminui em direção a uma ponta disposta adjacente ao orifício de saída para amplificar a vibração ultrassônica da trompa em sua ponta. Um transdutor é conectado com a extremidade externa da trompa para vibrar a trompa de forma ultrassônica. Uma potencial desvantagem de tal dispositivo é que a exposição dos vários componentes a um ambiente de alta pressão gera tensão substancial sobre os componentes. Em particular, devido ao fato de parte da trompa ultrassônica ser imersa na câmara e outra parte não, existe um diferencial de pressão substancial transmitido para diferentes segmentos da trompa, resultando em tensão adicional sobre a trompa. Além disso, tal aparelho não pode prontamente acomodar um membro de válvula operacional, o qual é comum em alguns dispositivos ultrassônicos de distribuição de líquido para controlar a distribuição de líquido a partir do dispositivo.

Ainda em outros dispositivos de distribuição de líquido, e em particular, estes que incluem um membro de válvula operacional para controlar o fluxo de líquido a partir do dispositivo, é conhecido de forma ultrassônica excitar o próprio membro de válvula à medida que o líquido sai do dispositivo. Por exemplo, a Patente US 6.543.700 (Jameson e outros), cuja revelação é incorporada neste documento por referência, revela um injetor de combustível no qual uma agulha da válvula do injetor é formada pelo menos em parte de um material magnetoestritivo responsivo à alteração dos campos magnéticos nas frequências ultrassônicas. Quando a agulha da válvula é posicionada para permitir que o combustível seja exaurido a partir do corpo da válvula (isto é, invólucro), uma alteração do campo magnético nas frequências ultrassônicas é aplicada junto à parte magnetoestritiva da agulha da válvula. Por consequência, a agulha da válvula é excitada de forma ultrassônica para transmitir a energia ultrassônica para o combustível, à medida que ele sai do injetor via os orifícios de saída.

Como mencionado acima, os dispositivos ultrassônicos de distribuição de líquido são utilizados em vários campos para energizar vários líquidos. Alguns destes líquidos são líquidos com múltiplas fases ou com múltiplos componentes (por exemplo, soluções aquosas) que podem se separar de forma indesejável. Em um exemplo, óleos combustíveis

podem se separar antes de serem distribuídos para uma câmara de combustão, o que pode de forma significativa diminuir a eficiência da câmara. Assim, seria vantajoso misturar o óleo combustível logo antes de ele ser distribuído para a câmara de combustão. Outras aplicações além da distribuição de óleos combustíveis sofrem desta mesma deficiência.

- 5 Além disso, algumas aplicações exigem que os dispositivos ultrassônicos de distribuição de líquido percorram uma distância predeterminada para posicionar o orifício de saída na localização apropriada. Como resultado, seria desejável ter um guia de ondas ultrassônico que possa acomodar percursos relativamente longos.

SUMÁRIO

- 10 Em uma concretização, um sistema ultrassônico de tratamento e de distribuição de líquido geralmente compreende um dispositivo ultrassônico de tratamento geralmente compreendendo um invólucro possuindo uma câmara interna e uma entrada em comunicação fluida com a câmara interna do invólucro, por meio do que o líquido entra na câmara interna e uma saída em comunicação fluida com a câmara interna do invólucro
- 15 através da qual o líquido sai do dispositivo ultrassônico de tratamento. Um guia de onda ultrassônico é disposto, pelo menos em parte, dentro da câmara interna do invólucro para, de forma ultrassônica, energizar o líquido dentro da câmara interna antes do líquido ser exaurido a partir do invólucro através da saída. O guia de onda ultrassônico possui um membro de agitação se estendendo para o exterior, a partir do guia de onda ultrassônico
- 20 dentro da câmara interna do invólucro, intermediário à entrada e à saída. O membro de agitação e o guia de onda ultrassônico são construídos e dispostos para movimento dinâmico do membro de agitação em relação ao guia de onda ultrassônica, quando da vibração ultrassônica do guia de onda ultrassônica. Um dispositivo de excitação é operável para de forma ultrassônica excitar o guia de onda ultrassônica e o membro de agitação.

- 25 O sistema também inclui um dispositivo ultrassônico de distribuição em comunicação fluida com o dispositivo ultrassônico de tratamento, para receber líquido a partir do dispositivo ultrassônico de tratamento seguindo ao tratamento do líquido pelo dito dispositivo de tratamento. O dispositivo ultrassônico de distribuição geralmente compreende um invólucro possuindo uma câmara interna, uma entrada para receber líquido a partir do
- 30 dispositivo de tratamento para dentro da câmara interna do invólucro do dispositivo de distribuição, e pelo menos uma abertura de exaustão em comunicação fluida com a câmara interna do invólucro do dispositivo de distribuição, por meio do que o líquido dentro da dita câmara interna sai do invólucro do dispositivo de distribuição na dita pelo menos uma abertura de exaustão. Um guia de onda ultrassônica é separado do invólucro do dispositivo
- 35 de distribuição e disposto pelo menos em parte, dentro da câmara interna do invólucro do dispositivo de distribuição para de forma ultrassônica energizar o líquido dentro da câmara interna antes do líquido ser exaurido a partir de um invólucro através da pelo menos uma

abertura de exaustão. Um dispositivo de excitação é operável para de forma ultrassônica excitar o guia de onda ultrassônica do dispositivo de distribuição.

Em outra concretização, um sistema ultrassônico de tratamento e de distribuição de líquido geralmente compreende um dispositivo ultrassônico de tratamento que inclui um
 5 invólucro possuindo uma entrada para receber líquido para dentro do invólucro, uma saída através da qual o líquido sai do invólucro do dispositivo de tratamento, e um caminho de fluxo interno em comunicação fluida com a entrada e com a saída, para direcionar o fluxo de líquido dentro do invólucro a partir da dita entrada até a dita saída. Um guia de onda ultrassônica é separado do invólucro e é disposto, pelo menos em parte, dentro do caminho
 10 de fluxo, para, de forma ultrassônica energizar o líquido dentro do caminho de fluxo. O guia de onda ultrassônica possui um membro de agitação se estendendo para o exterior a partir do guia de onda ultrassônica dentro do caminho do fluxo, com o membro de agitação e o guia de onda ultrassônica sendo construídos e dispostos para movimento dinâmico do membro de agitação em relação ao guia de onda ultrassônica quando da vibração
 15 ultrassônica do guia de onda ultrassônica. Um dispositivo de excitação é operável para, de forma ultrassônica, excitar o guia de onda ultrassônica e o membro de agitação.

O sistema também inclui um dispositivo ultrassônico de distribuição em comunicação fluida com o dispositivo ultrassônico de tratamento para receber o líquido a partir do dispositivo ultrassônico de tratamento seguindo ao tratamento do líquido pelo
 20 dispositivo de tratamento. O dispositivo ultrassônico de distribuição geralmente compreende um invólucro possuindo uma câmara interna, uma entrada para receber líquido a partir do dispositivo de tratamento para dentro da câmara interna do invólucro do dispositivo de distribuição e pelo menos uma abertura de exaustão em comunicação fluida com a câmara interna do invólucro do dispositivo de distribuição, por meio do que o líquido dentro da
 25 câmara interna sai do invólucro do dispositivo de distribuição na pelo menos uma abertura de exaustão. Um guia de onda ultrassônica é separado do invólucro do dispositivo de distribuição e está disposto pelo menos em parte dentro da câmara interna do invólucro do dispositivo de distribuição para de forma ultrassônica energizar o líquido dentro da câmara interna antes do líquido ser exaurido a partir do invólucro, através da pelo menos uma
 30 abertura de exaustão. Um dispositivo de excitação é operável para de forma ultrassônica excitar o guia de onda ultrassônica do dispositivo de distribuição.

Em uma concretização, um processo para de forma ultrassônica tratar um líquido e distribuir o líquido como um borrfio de gotículas de líquido, geralmente compreende direcionar o líquido para o fluxo ao longo de um caminho de fluxo através de um primeiro
 35 guia de onda ultrassônica, com o primeiro guia de onda ultrassônica possuindo pelo menos um membro de agitação se estendendo para o exterior a partir do mesmo, e para dentro do caminho de fluxo para contato com o líquido fluindo ao longo do caminho de fluxo. O

primeiro guia de onda ultrassônica e o pelo menos um membro de agitação são excitados para agitar o líquido à medida que o líquido flui através do guia de onda ultrassônica e do membro de agitação. O líquido é adicionalmente direcionado para fluir ao longo do caminho de fluxo através de um segundo guia de onda, com o segundo guia de onda possuindo uma extremidade terminal adjacente a uma saída do caminho de fluxo, de modo que o líquido fluindo ao longo do caminho de fluxo flua através da extremidade terminal do segundo guia de onda antes do líquido sair do caminho de fluxo. O segundo guia de onda ultrassônica é de forma ultrassônica excitado pelo menos em sua extremidade terminal para de forma ultrassônica energizar o líquido logo antes do líquido sair do caminho do fluxo, de modo que o líquido saia do caminho de fluxo como um borrito de gotículas de líquido.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Fig. 1 é uma seção transversal longitudinal de uma concretização de um dispositivo ultrassônico de distribuição de líquido da presente invenção, ilustrado na forma de um injetor de combustível para distribuir combustível para um motor de combustão interna;

A Fig. 2 é uma seção transversal longitudinal do injetor de combustível da Fig. 1, pega em uma posição angular diferente desta na qual a seção transversal da Fig. 1 é pega;

A Fig. 3 é uma vista expandida de uma primeira parte da seção transversal da Fig. 1;

A Fig. 4 é uma vista expandida de uma segunda parte da seção transversal da Fig. 1;

A Fig. 5 é uma vista expandida de uma terceira parte da seção transversal da Fig. 2;

A Fig. 6 é uma vista expandida de uma quarta parte da seção transversal da Fig. 1;

A Fig. 6a é uma vista expandida de uma parte central da seção transversal da Fig. 1;

A Fig. 7 é uma vista expandida de uma quinta parte da seção transversal da Fig. 1;

A Fig. 8 é uma vista fragmentada e aumentada da seção transversal da Fig. 1;

A Fig. 9 é uma vista em perspectiva de uma montagem de guia de onda e de outros componentes internos do injetor de combustível da Fig. 1;

A Fig. 10 é uma seção transversal fragmentada de uma parte de um invólucro do injetor de combustível do injetor de combustível da Fig. 1, com os componentes internos do injetor de combustível omitidos para revelar a construção do invólucro;

A Fig. 11 é uma seção transversal longitudinal de um dispositivo ultrassônico de distribuição de líquido, de acordo com uma segunda concretização da presente invenção;

A Fig. 12 é uma seção transversal longitudinal de um dispositivo ultrassônico de distribuição de líquido, de acordo com uma terceira concretização da presente invenção;

A Fig. 13 é uma seção transversal longitudinal de um dispositivo ultrassônico de distribuição de líquido de acordo com uma quarta concretização da presente invenção;

A Fig. 14 é uma seção transversal longitudinal de um dispositivo ultrassônico de distribuição de líquido, de acordo com uma quinta concretização da presente invenção;

5 A Fig. 15 é um esquema de uma concretização de um dispositivo ultrassônico de tratamento e de distribuição de líquido.

Os caracteres de referência correspondentes indicam partes correspondentes por todos os desenhos.

DESCRIÇÃO DETALHADA

10 Agora, com referência aos desenhos, e em particular, à Fig. 1, um dispositivo ultrassônico de distribuição de líquido de acordo com uma concretização da presente invenção é ilustrado na forma de um injetor de combustível ultrassônico para uso com um motor de combustão interna (não apresentado) e é geralmente designado por 21. Entretanto, é entendido que os conceitos revelados neste documento em relação ao injetor
15 de combustível 21 são aplicáveis a outros dispositivos ultrassônicos de distribuição de líquido, incluindo, sem limitação, nebulizadores e outros dispositivos de distribuição de remédio, equipamento de moldagem, umidificadores, sistemas de borrfio de pintura, sistemas de distribuição de tinta, sistemas de mistura, sistemas de homogeneização, e assim por diante.

20 O termo líquido, como utilizado neste documento, se refere a uma forma amorfa (não cristalina) de material intermediário entre gases e sólidos, na qual as moléculas são muito mais concentradas do que nos gases, mas muito menos concentradas do que nos sólidos. O líquido pode compreender um único componente ou pode ser compreendido de múltiplos componentes. Por exemplo, a característica de líquidos é sua habilidade em fluir
25 como resultado de uma força aplicada. Os líquidos que fluem imediatamente quando da aplicação da força e para os quais a taxa de fluxo é diretamente proporcional à força aplicada, geralmente são referidos como líquidos newtonianos. Outros líquidos adequados possuem respostas anormais de fluxo quando a força é aplicada e não exibem propriedades do fluxo newtoniano.

30 Como exemplos, o dispositivo ultrassônico de distribuição de líquido da presente invenção pode ser utilizado para distribuir líquidos tais como, sem limitação, betume fundido, pinturas viscosas, adesivos derretidos a quente, materiais termoplásticos que amaciam para uma forma de alta fluidez quando expostos ao calor e retornam para uma condição relativamente fixa ou endurecida quando do resfriamento (por exemplo, borracha bruta,
35 cera, poliolefinas e assim por diante), xaropes, óleos pesados, tintas, combustíveis, medicação líquida, emulsões, pastas semifluidas, suspensões e combinações dos mesmos.

O injetor de combustível 21 ilustrado na Fig. 1 pode ser utilizado com veículos

terrestres, aéreos e marinhos, com geradores de energia elétrica e com outros dispositivos que empregam um motor operado por combustível. Em particular, o injetor de combustível 21 é adequado para uso com motores que utilizam óleo diesel. Entretanto, é entendido que o injetor de combustível é útil com motores que utilizam outros tipos de combustível. Por consequência, o termo combustível, como utilizado neste documento, é pretendido para significar qualquer combustível inflamável utilizado na operação de um motor e não está limitado ao óleo diesel.

O injetor de combustível 21 compreende um invólucro, indicado geralmente por 23, para receber combustível pressurizado a partir de uma fonte (não apresentada) de combustível, e para distribuir um borrião atomizado de gotículas de combustível para o motor, tal como uma câmara de combustão do motor. Na concretização ilustrada, o invólucro 23 compreende um corpo principal alongado 25, um bocal 27 (algumas vezes também referido como corpo da válvula) e um membro de retenção 29 (por exemplo, uma porca) mantendo o corpo principal, o bocal e a porca em montagem uns com os outros. Em particular, uma extremidade inferior 31 do corpo principal 25 situa-se junto a uma extremidade superior 33 do bocal 27. O membro de retenção 29, de forma adequada, se prende (por exemplo, se prende de forma roscada) junto à superfície externa do corpo principal 25 para impelir juntas as extremidades associadas 31, 33, do corpo principal e do bocal 27.

Os termos “superior” e “inferior” são utilizados neste documento de acordo com a orientação vertical do injetor de combustível 21 ilustrado nos vários desenhos, e não são pretendidos para descrever uma orientação necessária do injetor de combustível em uso. Ou seja, é entendido que o injetor de combustível 21 pode ser orientado de forma diferente do que na orientação vertical ilustrada nos desenhos e permanecer dentro do escopo desta invenção. Os termos “axial” e “longitudinal” se referem de forma direcional neste documento à direção no sentido do comprimento do injetor de combustível (por exemplo, a direção vertical nas concretizações ilustradas). Os termos “transversal”, “lateral” e “radial” se referem neste documento a uma direção normal à direção axial (por exemplo, longitudinal). Os termos “interno” e “externo” também são utilizados com referência a uma direção transversal à direção axial do injetor de combustível, com o termo “interno” se referindo a uma direção para o interior do injetor de combustível e o termo “externo” se referindo a uma direção para o exterior do injetor.

O corpo principal 25 possui um furo axial 35 se estendendo longitudinalmente ao longo do seu comprimento. A dimensão transversal, ou em seção transversal do furo 35 (por exemplo, o diâmetro do furo circular ilustrado na Fig. 1) varia ao longo de segmentos longitudinais separados do furo para propósitos que irão se tornar aparentes. Em particular, com referência à Fig. 3, na extremidade superior 37 do corpo principal 25, a dimensão em

seção transversal do furo 35 é escalonada para formar um assento 39 para assentar uma válvula solenóide convencional (não apresentada) no corpo principal com uma parte da válvula solenóide se estendendo para baixo dentro do furo central do corpo principal. O injetor de combustível 21 e a válvula solenóide são mantidos juntos na montagem por um conector adequado (não apresentado). A construção e a operação de válvulas solenóides adequadas são conhecidas pelos versados na técnica e, portanto, não são descritas neste documento, exceto até a extensão necessária. Exemplos de válvulas solenóides adequadas são revelados na Patente US 6.688.579, denominada "Solenoid Valve for Controlling a Fuel Injector of an Internal Combustion Engine", na Patente US 6.827.332, denominada "Solenoid Valve", e na Patente US 6.874.076, denominada "Solenoid Valve Comprising a Plug-in / Rotative Connection". Outras válvulas solenóides adequadas também podem ser utilizadas.

A dimensão em seção transversal do furo central 35 é adicionalmente graduada para o interior à medida que ela se estende abaixo do assento da válvula solenóide para definir um apoio 45 que assenta um retentor de pino 47 que se estende longitudinalmente (e de forma coaxial na concretização ilustrada) dentro do furo central. Como ilustrado na Fig. 4, o furo 35 do corpo principal 25 adicionalmente se estreita em seção transversal à medida que ele se estende de forma longitudinal abaixo do segmento do furo no qual o retentor de pino 47 se estende, e define pelo menos em parte, uma câmara de baixa pressão 49 do injetor 21.

Longitudinalmente abaixo da câmara de baixa pressão 49, o furo central 35 do corpo principal 25 se estreita adicionalmente para definir um segmento de canal guia (e uma vedação de alta pressão) 51 (Figs. 4 e 5) do furo, para pelo menos em parte, de forma apropriada, localizar a agulha da válvula 53 (em linhas gerais, um membro de válvula) do injetor 21 dentro do furo, como posteriormente descrito neste documento. Com referência à Fig. 8, a dimensão em seção transversal do furo 35 então aumenta à medida que o furo se estende longitudinalmente abaixo do segmento do canal guia 51 até a extremidade inferior aberta 31 do corpo principal 25 para, em parte (por exemplo, junto com o bocal 27, como será descrito), definir uma câmara de alta pressão 55 (em termos gerais, uma câmara de combustível interna e mais em linhas gerais, uma câmara interna de líquido) do invólucro do injetor 23.

Uma entrada de combustível 57 (Figs. 1 e 4) é formada na lateral do corpo principal 25, intermediária às extremidades superior e inferior 37, 31, do mesmo, e se comunica com os canais de distribuição divergentes, superior e inferior, 59, 61, se estendendo dentro do corpo principal. Em particular, o canal de distribuição superior 59 se estende a partir da entrada de combustível 57 para cima dentro do corpo principal 25, e se abre para dentro do furo 35 geralmente adjacente ao retentor de pino 47 seguro dentro do furo, e mais particularmente, logo abaixo do apoio 45 no qual o retentor de pino está assentado. O canal

de distribuição inferior 61 se estende a partir da entrada de combustível 57 para baixo, dentro do corpo principal 25, e se abre para dentro do furo central 35, geralmente na câmara de alta pressão 55. Um tubo de distribuição 63 se estende para o interior através do corpo principal 25, na entrada de combustível 57, e é mantido na montagem com o corpo principal por uma luva adequada 65, e pelo encaixe com roscas 67. É entendido que a entrada de combustível 57 pode estar localizada diferente do que como ilustrado nas Figs. 1 e 4, sem se afastar do escopo da invenção. Também é entendido que o combustível pode ser distribuído somente para a câmara de alta pressão 55 do invólucro 23, e permanecer dentro do escopo desta invenção.

O corpo principal 25 também possui uma saída 69 (Figs. 1 e 4), formada em sua lateral através da qual o combustível em baixa pressão é exaurido a partir do injetor 21 para distribuição para um sistema adequado de retorno de combustível (não apresentado). Um primeiro canal de retorno 71 é formado no corpo principal 25 e proporciona comunicação fluida entre a saída 69 e a câmara de baixa pressão 49 do furo central 35 do corpo principal. Um segundo canal de retorno 73 é formado no corpo principal 25 para proporcionar comunicação fluida entre a saída 69 e a extremidade superior aberta 37 do corpo principal. Entretanto, é entendido que um ou ambos canais de retorno 71, 73, podem ser omitidos do injetor de combustível 21, sem se afastar do escopo desta invenção.

Com referência particular, agora, às Figs. 6 até 8, o bocal 27 ilustrado é geralmente alongado e está alinhado de forma coaxial com o corpo principal 25 do invólucro do injetor de combustível 23. Em particular, o bocal 27 possui um furo axial 75 alinhado de forma coaxial com o furo axial 35 do corpo principal 25, particularmente na extremidade inferior 31 do corpo principal, de modo que o corpo principal e o bocal juntos definem a câmara de alta pressão 55 do invólucro do injetor de combustível 23. A dimensão em seção transversal do furo do bocal 75 é graduada para o exterior na extremidade superior 33 do bocal 27 para definir um apoio 77 para assentar um membro de montagem 79 no invólucro do injetor de combustível 23. A extremidade inferior (também referida como ponta 81) do bocal 27, geralmente é cônica.

Intermediário à sua ponta 81 e à sua extremidade superior 33, a dimensão em seção transversal (por exemplo, o diâmetro na concretização ilustrada) do furo do bocal 75 geralmente é uniforme ao longo do comprimento do bocal, como ilustrado na Fig. 8. Uma ou mais aberturas de exaustão 83 (duas são visíveis na seção transversal da Fig. 7, enquanto aberturas adicionais são visíveis na seção transversal da Fig. 10) são formadas no bocal 27, tal como na ponta 81 do bocal na concretização ilustrada, através das quais o combustível em alta pressão é exaurido a partir do invólucro 23 para distribuição para um motor. Como um exemplo, em uma concretização adequada, o bocal 27 pode ter oito aberturas de exaustão 83, com cada abertura de exaustão possuindo um diâmetro de cerca de 0,15 mm

(0,006 polegadas). Entretanto, é entendido que o número de aberturas de exaustão e o diâmetro das mesmas podem variar sem afastamento do escopo desta invenção. O canal de distribuição inferior 61 e a câmara de alta pressão 55, juntos em linhas gerais definem neste documento um caminho de fluxo dentro do invólucro 23 ao longo do qual o combustível em alta pressão flui a partir da entrada de combustível 57 para as aberturas de exaustão 83 do bocal 27.

Referindo-se agora às Figs 1 e 3, o retentor de pino 47 compreende um corpo alongado tubular 85 e uma cabeça 87 formada de forma inteiriça com a extremidade superior do corpo tubular, e dimensionado em seção transversal maior do que corpo tubular para localizar o retentor de pino no apoio 45 do corpo principal 25 dentro do furo central 35 do mesmo. Na concretização ilustrada, o retentor de pino 47 está alinhado de forma coaxial com o furo axial 35 do corpo principal 25, com o corpo tubular 85 do retentor de pino sendo dimensionado para geralmente engatar com vedação, com o corpo principal dentro do furo axial do corpo principal. O corpo tubular 85 do retentor de pino 47 define um canal interno se estendendo longitudinalmente 91 do retentor de pino, para de forma corrediça receber um pino alongado 93 dentro do retentor de pino.

A cabeça 87 do retentor de pino 47 possui um rebaixo côncavo em forma de prato 95 formado centralmente em sua superfície superior, e um furo 97 que se estende longitudinalmente a partir do centro deste rebaixo até o canal interno 91 do retentor de pino. Como ilustrado na Fig. 3, uma brecha anular 99 é formada entre a parede lateral do retentor de pino 47 e a superfície interna do corpo principal 25 na parte superior do furo 35 do corpo principal. Um canal de alimentação 101 se estende de forma transversal através da parede lateral do corpo tubular 85 do retentor de pino 47 até o canal interno 91, geralmente na extremidade superior do canal, com o canal de alimentação 101 sendo aberto em sua extremidade externa transversal para a brecha anular 99. O canal de alimentação 101 está em comunicação fluida com o canal de distribuição superior 59 no corpo principal 25 via a brecha anular 99 para receber combustível em alta pressão para dentro do canal de alimentação, o canal interno do corpo tubular 85, acima do pino 93, e o furo 97 se estendendo longitudinalmente dentro da cabeça 87 do retentor de pino 47.

O pino 93 é alongado e de forma adequada se estende de forma coaxial com o canal do retentor de pino 91 e do furo axial 35 do corpo principal 25. Um segmento superior do pino 93 é de forma corrediça recebido dentro do canal interno 91, do retentor de pino 47 em relação estreitamente espaçada com o mesmo, enquanto o restante do pino se estende de forma longitudinal para o exterior a partir do retentor de pino e para baixo, para dentro da câmara de baixa pressão 49 do furo 35 do corpo principal 25. Como ilustrado na Fig. 3, uma extremidade superior 103 do pino 93 (por exemplo, na parte de cima do canal interno 101 do retentor de pino 47) é afunilada para permitir que o combustível em alta pressão seja

recebido dentro da câmara interna do retentor de pino acima da extremidade superior do pino.

Também dispostos dentro da câmara de baixa pressão 49 do furo do corpo principal 35 estão, uma luva tubular 107 (Fig. 4) que envolve o pino 93 logo abaixo do retentor de pino 47 (por exemplo, adjacente sobre a parte de baixo do retentor de pino) e define um assento de mola, um martelo 109 adjacente à extremidade inferior do pino em relação coaxial com o pino e possuindo uma extremidade superior que define um assento oposto da mola, e uma mola em espiral 111 retida entre o martelo e a luva da mola com o pino passando longitudinalmente através da mola.

A agulha da válvula 53 (em linhas gerais, um membro de válvula) é alongada e se estende de forma coaxial dentro do furo 35 do corpo principal 25, a partir de uma extremidade superior 113 (Fig. 2) da agulha da válvula adjacente à parte de baixo do martelo 109, e para baixo através do segmento de canal guia 51 (Fig. 8) do furo do corpo principal, e adicionalmente para baixo através da câmara de alta pressão 55 até uma extremidade terminal 115 da agulha da válvula disposta muito próxima da ponta 81 do bocal 27 dentro da câmara de alta pressão. Como mais bem ilustrado nas Figs. 4 e 8, a agulha da válvula 53 é dimensionada em seção transversal para a relação próximos entre si, com o corpo principal 25 no segmento de canal guia 51 do furo axial 35 para manter alinhamento apropriado da agulha da válvula em relação ao bocal 27.

Referindo-se particularmente à Fig. 7, a extremidade terminal 115 da agulha de válvula ilustrada 53 geralmente é cônica de acordo com o formato cônico da ponta 81 do bocal 27, e define uma superfície de fechamento 117 adaptada para geralmente vedar junto à superfície interna da ponta do bocal em uma posição fechada (não apresentada) da agulha da válvula. Em particular, na posição fechada da agulha da válvula 53, a superfície de fechamento 117 da agulha da válvula veda junto à superfície interna da ponta do bocal 81 sobre as aberturas de exaustão 83 para vedar o bocal (e mais amplamente, o invólucro do injetor de combustível 23) para o combustível sendo exaurido a partir do bocal via as aberturas de exaustão. Em uma posição aberta da válvula da agulha (ilustrada na Fig. 7), a superfície de fechamento 117 da agulha da válvula 53 é espaçada da superfície interna da ponta do bocal 81 para permitir que o combustível na câmara de alta pressão 55 flua entre a agulha da válvula 53 e a ponta do bocal 81, até as aberturas de exaustão 83 para exaustão a partir do injetor de combustível 21.

Em geral, o espaçamento entre a superfície de fechamento 117 da extremidade terminal da agulha da válvula 115 e a superfície oposta da ponta do bocal 81 na posição aberta da agulha da válvula, é de forma adequada na faixa de entre 0,051 mm (0,002 polegadas) até cerca de 0,64 mm (0,025 polegadas). Entretanto, é entendido que o espaçamento pode ser maior ou menor do que a faixa especificada acima sem afastamento

do escopo desta invenção.

É contemplado que o bocal 27, e mais particularmente, a ponta 81, pode ser alternativamente configurado de modo que as aberturas de exaustão 83 fiquem dispostas de outra forma diferente de sobre a superfície interna do bocal que assenta a superfície de fechamento 117 da agulha de válvula 53 na posição fechada da agulha da válvula. Por exemplo, as aberturas de exaustão 83 podem ser dispostas à jusante (na direção na qual o combustível flui em direção às aberturas de exaustão) da superfície do bocal que assenta a superfície de fechamento 117 da agulha da válvula 53 e permanece dentro do escopo desta invenção. Um exemplo adequado de tal disposição de agulha de válvula, ponta de bocal e de abertura de exaustão, é descrita na Patente US 6.543.700, cuja revelação é incorporada neste documento por referência até a extensão em que ela é consistente com o mesmo.

Será entendido que o pino 93, o martelo 109 e a agulha da válvula 53 são desse modo conjuntamente móveis longitudinalmente em um eixo geométrico comum dentro do invólucro do injetor de combustível 23 entre a posição fechada e a posição aberta da agulha da válvula. A mola 111 disposta entre a luva 107 e o martelo 109 de forma adequada tende o martelo, e assim, a agulha da válvula 53, em direção à posição fechada da agulha da válvula. É entendido que outras configurações adequadas de válvula são possíveis para controlar o fluxo de combustível a partir do injetor para a distribuição para o motor, sem afastamento do escopo desta invenção. Por exemplo, o bocal 27 (em linhas gerais, o invólucro 23) pode ter uma abertura através da qual a agulha da válvula 53 se estende para o exterior do bocal, e através da qual o combustível sai do bocal para distribuição para o motor. Em tal concretização, a extremidade terminal 115 da agulha da válvula 53 vedaria junto ao bocal 27 exterior ao mesmo na posição fechada da agulha da válvula. Também é entendido que a operação da agulha da válvula 53 pode ser controlada de forma diferente do que por uma válvula solenóide e permanecer dentro do escopo desta invenção. É adicionalmente entendido que a agulha da válvula 53 ou outra disposição de válvula, podem ser omitidas do injetor de combustível 21 sem afastamento do escopo desta invenção.

Com referência particular, agora, às Figs. 8 e 9, um guia de onda ultrassônica 121 é formado separado da agulha da válvula 53 e do invólucro do injetor de combustível 23, e se estende longitudinalmente dentro da câmara de alta pressão 55 do invólucro até uma extremidade terminal 123 do guia de onda disposta logo acima da ponta 81 do bocal 27 para de forma ultrassônica energizar o combustível na câmara de combustível logo antes do combustível sair do injetor 21 via as aberturas de exaustão 83 formadas no bocal. O guia de onda ilustrado 121 é de forma adequada alongado e tubular, possuindo uma parede lateral 125 definindo uma passagem interna 127 que se estende ao longo de seu comprimento entre as extremidades longitudinalmente opostas superior e inferior (a extremidade superior sendo indicada por 129) do guia de onda. A extremidade inferior do guia de onda 121 define

a extremidade terminal 123 do guia de onda. O guia de onda ilustrado 121 possui uma seção transversal geralmente anular (isto é, circular). Entretanto, é entendido que o guia de onda 121 pode ser formatado em seção transversal diferente da anular, sem afastamento do escopo desta invenção. Também é contemplado que o guia de onda 121 pode ser tubular
5 ao longo de menos do que todo o seu comprimento, e igualmente pode ser geralmente sólido ao longo de seu comprimento. Em outras concretizações, é contemplado que a agulha da válvula geralmente pode ser tubular e o guia de onda disposto pelo menos em parte dentro do interior da agulha da válvula.

Em geral, o guia de onda pode ser construído de um metal possuindo propriedades
10 acústicas e mecânicas adequadas. Exemplos de metais adequados para a construção do guia de onda incluem, sem limitação, alumínio, monel, titânio, e alguns aços de liga. Também é contemplado que todo ou parte do guia de onda possa ser revestido com outro metal. O guia de onda ultrassônica 121 é seguro dentro do invólucro do injetor de combustível 23, e de forma mais adequada, na câmara de alta pressão 55, como na
15 concretização ilustrada, pelo membro de montagem 79. O membro de montagem 79 localizado longitudinalmente entre as extremidades 123, 129, do guia de onda 121, geralmente define um segmento superior 131 do guia de onda que se estende longitudinalmente para cima (na concretização ilustrada) a partir do membro de montagem 79 até a extremidade superior 129 do guia de onda e um segmento inferior 133 que se
20 estende longitudinalmente para baixo a partir do membro de montagem até a extremidade terminal 123 do guia de onda.

Enquanto na concretização ilustrada, o guia de onda 121 (isto é, ambos segmentos superior e inferior do mesmo) é disposto totalmente dentro da câmara de alta pressão 55 do invólucro, é contemplado que somente uma parte do guia de onda possa ser disposta dentro
25 da câmara de alta pressão sem afastamento do escopo desta invenção. Por exemplo, somente o segmento inferior 133 do guia de onda 121, incluindo a extremidade terminal 123 do mesmo, pode ser disposto dentro da câmara de alta pressão 55, enquanto o segmento superior 131 do guia de onda é disposto exterior à câmara de alta pressão, e pode ou não ser sujeito ao combustível em alta pressão dentro do invólucro do injetor 23.

A dimensão interna em seção transversal (por exemplo, o diâmetro interno na
30 concretização ilustrada) do guia de onda 121 (por exemplo, a dimensão em seção transversal da passagem interior 127 do mesmo) geralmente é uniforme ao longo do comprimento do guia de onda e é de forma adequada dimensionada para acomodar a agulha da válvula 53, a qual se estende de forma coaxial dentro da passagem interior do
35 guia de onda ao longo de todo o comprimento do guia de onda (e acima do guia de onda em contato com um martelo 109 na concretização ilustrada). Entretanto, é entendido que a agulha da válvula 53 pode se estender somente ao longo de uma parte da passagem interior

127 do guia de onda 121 sem afastamento do escopo desta invenção. Também é entendido que a dimensão interna em seção transversal do guia de onda 121 pode ser diferente de uniforme ao longo do comprimento do guia de onda. Na concretização ilustrada, a extremidade terminal 115 da agulha da válvula 53, e mais adequadamente, a superfície de fechamento 117 da agulha da válvula, é disposta longitudinalmente para o exterior da extremidade terminal 123 do guia de onda 121 tanto na posição aberta como na posição fechada da agulha da válvula. Entretanto, é entendido que a superfície de fechamento 117 da extremidade terminal 115 da agulha da válvula 53 somente precisa se estender para o exterior da extremidade terminal 123 do guia de onda 121 na posição fechada da agulha da válvula, e pode ser totalmente ou parcialmente disposta dentro da passagem interior 127 do guia de onda na posição aberta da agulha da válvula.

Como mais bem ilustrado na Fig. 7, a dimensão em seção transversal (por exemplo, o diâmetro na concretização ilustrada) da parte da agulha da válvula 53 se estendendo dentro da passagem interior 127 do guia de onda 121, é dimensionada ligeiramente menor do que a dimensão em seção transversal da passagem interior do guia de onda para definir em parte o caminho do fluxo para o combustível em alta pressão dentro do invólucro, e para de forma mais adequada definir uma parte do caminho do fluxo que se estende entre a superfície interna da parede lateral do guia de onda 125 e a agulha da válvula ao longo do comprimento da agulha da válvula. Por exemplo, em uma concretização, a agulha da válvula 53 é espaçada de forma transversal (por exemplo, espaçada de forma radial na concretização ilustrada) a partir da superfície interna da parede lateral do guia de onda 125 dentro da passagem interior 127 do guia de onda, na faixa de cerca de 0,013 mm (0,0005 polegadas) até cerca de 0,064 mm (0,0025 polegadas).

Ao longo de um par de segmentos longitudinalmente espaçados (por exemplo, um segmento 137 (Fig. 7) sendo adjacente à extremidade terminal 123 do guia de onda 121, e o outro segmento 139 (Fig. 6a) sendo adjacente e logo acima do membro de montagem 79) da agulha da válvula 53 dentro da passagem 127, a dimensão em seção transversal da agulha da válvula 53 é aumentada de modo que a agulha da válvula fica em uma relação de contato mais próxima ou mesmo deslizante com o guia de onda dentro da passagem, para facilitar o alinhamento apropriado na mesma e para inibir o movimento transversal da agulha da válvula dentro da passagem. A superfície externa da agulha da válvula 53 nestes segmentos possui uma ou mais partes planas (não apresentadas) formadas na mesma para em parte definir a parte do caminho do fluxo que se estende dentro da passagem interior 127 do guia de onda 121. Alternativamente, a superfície externa da agulha da válvula 53 pode ser longitudinalmente estriada nestes segmentos para permitir ao combustível fluir dentro da passagem interior 127 do guia de onda 121 passando por tais segmentos.

Com referência particular à Fig. 7, a superfície externa da parede lateral do guia de

onda 125 é espaçada transversalmente a partir do corpo principal 25 e do bocal 27 para adicionalmente definir o caminho do fluxo ao longo do qual o combustível em alta pressão flui a partir da entrada de combustível 57 até as aberturas de exaustão 83, e de forma mais adequada forma uma parte do caminho do fluxo exterior, ou para o exterior do guia de onda 121. Em geral, a dimensão externa em seção transversal (por exemplo, o diâmetro externo na concretização ilustrada) da parede lateral do guia de onda 125 é uniforme ao longo de um comprimento da mesma, intermediário a uma parte alargada 195 do guia de onda, disposta longitudinalmente e / ou adjacente à extremidade terminal 123 do guia de onda 121, e outra parte alargada 153 disposta longitudinalmente adjacente à extremidade superior 129 do guia de onda. Como um exemplo, o espaçamento transversal (por exemplo, radial na concretização ilustrada) entre a parede lateral do guia de onda 125 e o bocal 27 à montante (por exemplo, em relação à direção na qual o combustível flui a partir da extremidade superior 33 do bocal até as aberturas de exaustão 83) da extremidade terminal 123 do guia de onda, é de forma adequada na faixa de cerca de 0,025 mm (0,001 polegadas) até cerca de 0,533 mm (0,021 polegadas). Entretanto, o espaçamento pode ser menor ou maior do que este, sem afastamento do escopo desta invenção.

A dimensão externa em seção transversal da parte 195 do segmento inferior 133 do guia de onda 121, de forma adequada aumenta, e de forma mais adequada afunila ou alarga de forma transversal para o exterior, adjacente, ou de forma mais adequada, na extremidade terminal 123 do guia de onda. Por exemplo, a dimensão em seção transversal desta parte alargada 195 do segmento inferior 133 do guia de onda 121 é dimensionada para uma relação de contato estreito ou mesmo correção com o bocal 27 dentro do furo central 75 do mesmo para manter o alinhamento axial apropriado do guia de onda (e por consequência, da agulha da válvula 53) dentro da câmara de alta pressão 55.

Como resultado, a parte do caminho do fluxo entre o guia de onda 121 e o bocal 27 geralmente é mais estreito adjacente ou na extremidade terminal 123 do guia de onda em relação ao caminho do fluxo imediatamente à montante da extremidade terminal do guia de onda para geralmente restringir o fluxo de combustível passando pela extremidade terminal do guia de onda até as aberturas de exaustão 83. A parte alargada 195 do segmento inferior 133 do guia de onda 121 também proporciona área de superfície aumentada excitada de forma ultrassônica junto a qual o combustível fluindo passando pela extremidade terminal 123 do guia de onda é exposto. Uma ou mais partes planas 197 (Fig. 9) são formadas na superfície exterior da parte alargada 195 do segmento inferior 133 para facilitar o fluxo de combustível ao longo do caminho de fluxo passando pela extremidade terminal 123 do guia de onda 121 para fluir até as aberturas de exaustão 83 do bocal 27. É entendido que a parte alargada 195 da parede lateral do guia de onda 115 pode ser graduada para o exterior, ao invés de afunilada ou alargada. Também é contemplado que as superfícies superior e

inferior da parte alargada 195 possam ser contornadas ao invés de retas e permanecerem dentro do escopo desta invenção.

Em um exemplo, a parte alargada 195 do segmento inferior do guia de onda 133, por exemplo, adjacente e / ou na extremidade terminal 123 do guia de onda, possui uma
 5 dimensão externa máxima em seção transversal (por exemplo, diâmetro externo na concretização ilustrada) de cerca de 5,35 mm (0,2105 polegadas) ao passo que a dimensão externa máxima em seção transversal do guia de onda imediatamente à montante desta parte alargada pode ser na faixa de cerca de 4,06 mm (0,16 polegadas) até ligeiramente menos do que cerca de 5,35 mm (0,2105 polegadas).

10 O espaçamento transversal entre a extremidade terminal 123 d o guia de onda 121 e o bocal 27 define uma área aberta através da qual o combustível flui ao longo do caminho do fluxo passando pela extremidade terminal do guia de onda. A uma ou mais aberturas de exaustão 83 definem uma área aberta através da qual o combustível sai do invólucro 23. Por exemplo, onde uma porta de exaustão é proporcionada, a área aberta através da qual o
 15 combustível sai do invólucro 23 é definida como a área em seção transversal da aberta de exaustão (por exemplo, onde o combustível entra para a abertura de exaustão) e onde múltiplas aberturas de exaustão 83 estão presentes, a área aberta através da qual o combustível sai do invólucro é definida como a soma da área em seção transversal de cada abertura de exaustão. Em uma concretização, uma proporção da área aberta na
 20 extremidade terminal 126 do guia de onda 121 e no bocal 27 para a área aberta através da qual o combustível sai do invólucro 23 (por exemplo, nas aberturas de exaustão 83), é de forma adequada na faixa de cerca de 4 : 1 até cerca de 20 : 1.

É entendido que outras concretizações adequadas do segmento inferior 133 do guia de onda 121 podem possuir uma dimensão externa em seção transversal geralmente
 25 uniforme, ao longo de todo o seu comprimento (por exemplo, de modo que nenhuma parte alargada 195 seja formada), ou pode diminuir na dimensão externa em seção transversal (por exemplo, substancialmente estreitar em direção à sua extremidade terminal 123) sem afastamento do escopo da invenção.

Referindo-se novamente às Figs. 8 e 9, um dispositivo de excitação adaptado para
 30 energizar o guia de onda 121 para mecanicamente vibrar de forma ultrassônica, é de forma adequada disposto totalmente dentro da câmara de alta pressão 55, junto com o guia de onda e geralmente é indicado por 145. Em uma concretização, o dispositivo de excitação 145 é de forma adequada responsivo à corrente elétrica de alta frequência (por exemplo, frequência ultrassônica) para vibrar o guia de onda de forma ultrassônica. Como um
 35 exemplo, o dispositivo de excitação 145 de forma adequada pode receber corrente elétrica de alta frequência a partir de um sistema de geração adequado (não apresentado) que é operável para distribuir corrente alternada de alta frequência para o dispositivo de excitação.

O termo "ultrassônica", como utilizado neste documento, é para significar ter uma frequência na faixa de cerca de 15 kHz até cerca de 100 kHz. Como um exemplo, em uma concretização, o sistema de geração de forma adequada pode distribuir corrente alternada para o dispositivo de excitação em uma frequência ultrassônica na faixa de cerca de 15 kHz
5 até cerca de 100 kHz, de forma mais adequada, na faixa de cerca de 20 kHz até cerca de 40 kHz. Tais sistemas de geração são bem conhecidos pelos versados na técnica e não precisam ser adicionalmente descritos neste documento.

Na concretização ilustrada, o dispositivo de excitação 145 compreende um dispositivo piezelétrico, e mais adequadamente, vários anéis piezelétricos empilhados 147
10 (por exemplo, pelo menos dois, e na concretização ilustrada, quatro), envolvendo o segmento superior 131 do guia de onda 121 e assentados em um apoio 149 formado pelo membro de montagem 79. Um colar anular 151 envolve o segmento superior 131 do guia de onda 121 acima dos anéis piezelétricos 147 e pressiona sobre o anel mais superior. De forma adequada, o colar 151 é construído de um material com alta densidade. Por exemplo,
15 um material adequado a partir do qual o colar 151 pode ser construído é tungstênio. Entretanto, é entendido que o colar 151 pode ser construído de outros materiais adequados e permanecer dentro do escopo desta invenção. A parte alargada 153 adjacente à extremidade superior 129 do guia de onda 121 possui uma dimensão externa em seção transversal aumentada (por exemplo, um diâmetro externo aumentado na concretização
20 ilustrada) e possui roscas ao longo deste segmento. O colar 151 é internamente roscado para prender através de roscas o colar no guia de onda 121. O colar 151 é de forma adequada apertado sobre a pilha de anéis piezelétricos 147 para comprimir os anéis entre o colar e o apoio 149 do membro de montagem 79.

O guia de onda 121 e o dispositivo de excitação 145 da concretização ilustrada,
25 juntos em termos gerais, definem uma montagem de guia de onda, indicada geralmente por 150, para de forma ultrassônica energizar o combustível na câmara de alta pressão 55. Por consequência, toda a montagem do guia de onda 150 é disposta totalmente dentro da câmara de combustível de alta pressão 55 do injetor de combustível 21 e assim é geralmente de forma uniforme exposta para o ambiente de alta pressão dentro do injetor de
30 combustível. Como um exemplo, a montagem de guia de onda ilustrada é particularmente construída para atuar tanto como uma trompa ultrassônica como um transdutor, para de forma ultrassônica vibrar a trompa ultrassônica. Em particular, o segmento inferior 133 do guia de onda 121, como ilustrado na Fig. 8, geralmente atua como uma trompa ultrassônica, enquanto o segmento superior 131 do guia de onda, e de forma mais adequada, a parte do
35 segmento superior que se estende geralmente a partir do membro de montagem 79 até a localização na qual o colar 151 se prende ao segmento superior do guia de onda junto com o dispositivo de excitação (por exemplo, os anéis piezelétricos), atua como um transdutor.

Ao distribuir a corrente elétrica (por exemplo, corrente alternada distribuída em uma frequência ultrassônica) para os anéis piezelétricos 147 da concretização ilustrada, os anéis piezelétricos se expandem e se contraem (particularmente, na direção longitudinal do injetor de combustível 21) na frequência ultrassônica na qual a corrente é distribuída para os anéis.

- 5 Devido aos anéis 147 serem comprimidos entre o colar 151 (o qual é preso junto ao segmento superior 131 do guia de onda 21) e o membro de montagem 79, a expansão e a contração dos anéis causa que o segmento superior do guia de onda se alongue e se contraia de forma ultrassônica (por exemplo, geralmente na frequência que os anéis piezelétricos se expandem e se contraem), tal como um transdutor. O alongamento e a
- 10 contração do segmento superior 131 do guia de onda 121 desta maneira excita a frequência ressonante do guia de onda, e em particular, ao longo do segmento inferior 133 do guia de onda, resultando na vibração ultrassônica do guia de onda ao longo do segmento inferior, por exemplo, na forma de uma trompa ultrassônica.

- Como um exemplo, em uma concretização, o deslocamento do segmento inferior
- 15 133 do guia de onda 121 resultante da excitação ultrassônica do mesmo, pode ser até cerca de seis vezes o deslocamento dos anéis piezelétricos e do segmento superior do guia de onda. Contudo, é entendido que o deslocamento do segmento inferior 133 pode ser amplificado mais do que seis vezes, ou ele pode não ser amplificado e permanecer dentro do escopo desta invenção.

- 20 É contemplado que uma parte do guia de onda 121 (por exemplo, uma parte do segmento superior 131 do guia de onda) pode alternativamente ser construída de um material magnetoestritivo que é responsivo às alterações de campos magnéticos nas frequências ultrassônicas. Em tal concretização (não apresentada), o dispositivo de excitação pode compreender um gerador de campo magnético disposto totalmente ou em
- 25 parte dentro do invólucro 23 e operável em resposta a receber corrente elétrica para aplicar um campo magnético para um material magnetoestritivo, onde o campo magnético se altera nas frequências ultrassônicas (por exemplo, de ativado para desativado, de uma magnitude para outra, e / ou uma alteração na direção).

- Por exemplo, um gerador adequado pode compreender uma bobina elétrica
- 30 conectada com o sistema de geração, o qual distribui corrente para a bobina em frequências ultrassônicas. A parte magnetoestritiva do guia de onda e o gerador de campo magnético de tal concretização desse modo juntos atuam como um transdutor, enquanto o segmento inferior 133 do guia de ondas 121 novamente atua como uma trompa ultrassônica. Um exemplo de um material magnetoestritivo adequado e de gerador de campo magnético é
- 35 revelado na Patente US 6.543.700, cuja revelação é incorporada neste documento por referência até a extensão que ela é consistente com o mesmo.

Enquanto toda a montagem de guia de onda 150 é ilustrada como sendo disposta

dentro da câmara de alta pressão 55 do invólucro do injetor de combustível 23, é entendido que um ou mais componentes da montagem do guia de onda podem ser totalmente ou parcialmente dispostos exteriores à câmara de alta pressão, e igualmente podem ser dispostos exteriores ao invólucro, sem afastamento do escopo desta invenção. Por exemplo, onde um material magnetoestrutivo é utilizado, o gerador de campo magnético (em linhas gerias, o dispositivo de excitação) pode ser disposto no corpo principal 25 ou em outro componente do invólucro do injetor de combustível 23, e ser somente parcialmente exposto ou completamente lacrado dentro da câmara de alta pressão 55. Em outra concretização, o segmento superior 131 do guia de onda 121 e os anéis piezelétricos 147 (e o colar 151) podem juntos serem colocados exteriores à câmara de alta pressão 55, sem afastamento do escopo desta invenção, contanto que a extremidade terminal 123 do guia de onda fique disposta dentro da câmara de alta pressão.

Pela colocação dos anéis piezelétricos 147 e do colar 151 ao redor do segmento superior 131 do guia de onda 121, toda a montagem do guia de onda 150 não precisa ser mais longa do que o próprio guia de onda (por exemplo, oposto ao comprimento de uma montagem na qual um transdutor e uma trompa ultrassônica são dispostos em uma disposição convencional de ponto a ponta ou “empilhada”). Como um exemplo, a montagem do guia de onda como um todo 150 pode de forma adequada possuir um comprimento igual a cerca da metade do comprimento de onda ressonante (de outra forma, normalmente referido como metade do comprimento de onda) do guia de onda. Em particular, a montagem do guia de onda 150 é de forma adequada configurada para ressonar em uma frequência ultrassônica na faixa de cerca de 15 kHz até cerca de 100 kHz, de forma mais adequada, na faixa de cerca de 15 kHz até cerca de 60 kHz, e mesmo de forma mais adequada, na faixa de cerca de 20 kHz até cerca de 40 kHz. A montagem de guia de onda com metade de comprimento de onda 150 operando em tais frequências possui um respectivo comprimento total (correspondendo a uma metade de comprimento de onda) na faixa de cerca de 133 mm até cerca de 20 mm, mais adequadamente na faixa de cerca de 133 mm até cerca de 37,5 mm, e mesmo mais adequadamente, na faixa de cerca de 100 mm até cerca de 50 mm. Como um exemplo mais particular, a montagem do guia de onda 150 ilustrada nas Figs. 8 e 9 é configurada para a operação em uma frequência de cerca de 40 kHz e possui um comprimento total de cerca de 50 mm. Entretanto, é entendido que o invólucro 23 pode ser suficientemente dimensionado para permitir uma montagem do guia de onda possuindo um comprimento de onda completo a ser disposto no mesmo. Também é entendido que em tal disposição, a montagem do guia de onda pode compreender uma trompa ultrassônica e o transdutor em uma configuração empilhada.

Uma luva eletricamente não condutiva 155 (a qual é cilíndrica na concretização ilustrada, mas pode ser formatada de outra forma) é assentada na extremidade superior do

colar 151 e se estende para cima a partir do colar até a extremidade superior da câmara de alta pressão 55. A luva 155 também é de forma adequada construída de um material geralmente flexível. Como um exemplo, um material adequado a partir do qual a luva 155 pode ser construída é um material de polieterimida termoplástico amorfo, disponível a partir da General Electric Company, E.U.A, sob a marca registrada ULTEM. Entretanto, outros materiais eletricamente não condutivos adequados, tal como materiais cerâmicos, podem ser utilizados para construir a luva 155 e permanecer dentro do escopo desta invenção. A extremidade superior da luva 155 possui um flange anular inteiramente formado 157 se estendendo radialmente para o exterior a partir da mesma, e um conjunto de quatro fendas se estendendo de forma longitudinal 159 definindo quatro abas geralmente flexíveis 161 na extremidade superior da luva. Um segundo flange anular 163 é formado inteiramente com a luva 155 e se estende radialmente para o exterior a partir da luva logo abaixo das fendas se estendendo de forma longitudinal 159, isto é, em relação longitudinalmente espaçada com o flange anular 157 disposto na extremidade superior da luva.

Um anel de contato 165 construído de um material eletricamente condutor circunscreve a luva 155, intermediário aos flanges anulares longitudinalmente espaçados 157, 163, da luva. Em uma concretização, o anel de contato 165 é de forma adequada construído de latão. Entretanto, é entendido que o anel de contato 165 pode ser construído de outros materiais eletricamente condutivos adequados sem afastamento do escopo desta invenção. Também é entendido que um dispositivo de contato diferente de um anel, tal como um dispositivo de contato de ponto único, uma aba flexível e / ou carregada por mola ou outro dispositivo eletricamente condutor adequado, podem ser utilizados sem afastamento do escopo da invenção. Na concretização ilustrada, a dimensão interna em seção transversal (por exemplo, o diâmetro) do anel de contato 165 é dimensionada ligeiramente menor do que a dimensão externa em seção transversal do segmento longitudinal da luva 155 se estendendo entre os flanges anulares 157, 163.

O anel de contato 165 é inserido sobre a luva 155 por se impelir o anel de contato de forma telescópica para baixo sobre a extremidade superior da luva. A força do anel 165 contra o flange anular 157 na extremidade superior da manga 155 impulsiona as abas 161 para flexionarem (por exemplo, curvarem) radialmente para o interior, para permitir que o anel deslize para baixo passando pelo flange anular formado na extremidade superior da luva e assentar o anel no segundo flange anular 163. As abas 161, de forma elástica, se movem de volta em direção à sua posição inicial, proporcionando engate por fricção entre o anel de contato 165 e a luva 155, e retendo o anel de contato entre os flanges anulares 157, 163, da luva.

Um anel guia 167 construído de um material eletricamente não condutivo circunscreve e eletricamente isola o anel de contato 165. Como um exemplo, o anel guia

167 pode (mas não precisa necessariamente ser) construído do mesmo material que a luva 163. Em uma concretização, o anel guia 167 é de forma adequada retido na luva, e de forma mais adequada, no anel de contato 165, por uma fixação, ou encaixe por fricção do anel guia no anel de contato. Por exemplo, o anel guia 167 pode ser um anel descontínuo
5 separado ao longo de uma fenda, como ilustrado na Fig. 9. O anel guia 167 desse modo pode ser expandido de forma circunferencial na fenda para encaixar o anel guia sobre o anel de contato 165 e quando da subsequente liberação, fechar de forma elástica e de forma segura ao redor do anel de contato.

Em uma concretização particularmente adequada, uma pequena saliência anular de
10 localização 169 se estende radialmente para o interior a partir do anel guia 167 e pode ser recebida em uma ranhura anular 171 formada no anel de contato 165 para de forma apropriada localizar o anel guia no anel de contato. Entretanto, é entendido que o anel de contato 165 e o anel guia 167 podem ser montados na luva 155 de forma diferente da
15 ilustrada nas Figs. 8 e 9, sem afastamento do escopo desta invenção. Pelo menos uma, e de forma mais adequada, várias aberturas em formato cônico ou em corpo de cone 173, são formadas radialmente através do anel guia 167 para permitir acesso ao anel de contato 165 para a distribuição de corrente elétrica para o anel de contato.

Como mais bem visto na Fig. 5, uma luva de isolamento 175 construída de um material eletricamente não condutivo adequado se estende através de uma abertura no lado
20 do corpo principal 25 e possui uma extremidade terminal geralmente formatada de forma cônica 177 configurada para assentar dentro de uma das aberturas 173 do anel guia 167. A luva de isolamento 175 é mantida no local por um encaixe adequado 179 que através de roscas se prende ao corpo principal 25 dentro da abertura 173, e possui uma abertura central através da qual a luva de isolamento se estende. Fiação elétrica adequada 181 se
25 estende através da luva de isolamento 175 para contato elétrico com o anel de contato 165 em uma extremidade do fio, e está em comunicação elétrica em sua extremidade oposta (não apresentada), com uma fonte (não apresentada) de corrente elétrica.

Fiação elétrica adicional 183 se estende a partir do anel de contato 165 para baixo, ao longo do exterior da luva 155, dentro da câmara de alta pressão 55, e em comunicação
30 elétrica com um eletrodo (não apresentado) disposto entre o anel piezelétrico mais superior 147 e o próximo anel piezelétrico inferior. Um fio separado 184 eletricamente conecta o eletrodo com outro eletrodo (não apresentado), disposto entre o anel piezelétrico mais inferior 147 e o anel logo acima do mesmo. O membro de montagem 79 e / ou o guia de onda 121 proporciona o terra para a corrente distribuída para os anéis piezelétricos 147.
35 Em particular, um fio terra 185 está conectado com o membro de montagem 79 e se estende para cima até entre o meio de dois anéis piezelétricos 147 em contato com o eletrodo (não apresentado), disposto entre os mesmos. Opcionalmente, um segundo fio

terra (não apresentado) pode se estender a partir de entre o meio de dois anéis piezelétricos 147 para contato com outro eletrodo (não apresentado) entre o anel piezelétrico mais superior e o colar 151.

Com referência particular agora às Figs. 6, 6a, 8 e 9, o membro de montagem 79 é de forma adequada conectado com o guia de onda 121 intermediário às extremidades 123, 129, do guia de onda. De forma mais adequada, o membro de montagem 79 é conectado com o guia de onda 121 em uma região nodal do guia de onda. Como utilizado neste documento, a “região nodal” do guia de onda 121 se refere a uma região ou segmento longitudinal do guia de onda ao longo da qual pouco (ou nenhum) deslocamento longitudinal ocorre durante a vibração ultrassônica do guia de onda, e o deslocamento transversal (por exemplo, radial na concretização ilustrada) geralmente é maximizado. O deslocamento transversal do guia de onda 121, de forma adequada, compreende a expansão transversal do guia de onda, mas também pode incluir o movimento transversal (por exemplo, curvatura) do guia de onda.

Na concretização ilustrada, a configuração do guia de onda 121 é tal que um plano nodal (isto é, um plano transversal ao guia de onda no qual não ocorre deslocamento longitudinal enquanto o deslocamento transversal é geralmente maximizado) não está presente. Ao invés disso, a região nodal do guia de onda ilustrado 121 é geralmente em formato de cúpula, de modo que em qualquer dada localização longitudinal dentro da região nodal, algum deslocamento longitudinal ainda pode estar presente, enquanto o deslocamento primário do guia de onda é o deslocamento transversal.

Entretanto, é entendido que o guia de onda 121 pode ser de forma adequada configurado para possuir um plano nodal (ou ponto nodal, como ele é algumas vezes referido) e que o plano nodal de tal guia de onda é considerado como estando dentro do significado de região nodal, como definida neste documento. Também é contemplado que o membro de montagem 79 possa ser disposto longitudinalmente acima ou abaixo da região nodal do guia de onda 121, sem afastamento do escopo da invenção.

O membro de montagem 79 é de forma adequada configurado e disposto no injetor de combustível 21 para de forma vibracional isolar o guia de onda 121 do invólucro do injetor de combustível 23. Ou seja, o membro de montagem 79 inibe a transferência de vibração mecânica longitudinal e transversal (por exemplo, radial) do guia de onda 121 para o invólucro do injetor de combustível 23, enquanto mantendo a posição transversal desejada do guia de onda dentro da câmara de alta pressão 55, e permitindo o deslocamento longitudinal do guia de onda dentro do invólucro do injetor de combustível. Como um exemplo, o membro de montagem 79 da concretização ilustrada, geralmente compreende um segmento anular interno 187 se estendendo transversalmente (por exemplo, radialmente na concretização ilustrada) para o exterior a partir do guia de onda 121, um segmento anular

externo 189 se estendendo transversal ao guia de onda em relação transversalmente espaçada com o segmento interno, e uma chapa anular de interconexão 191 se estendendo transversalmente entre e interconectando os segmentos interno e externo. Enquanto os segmentos interno e externo 187, 189, e a chapa de interconexão 191 se estendem continuamente ao redor da circunferência do guia de onda 121, é entendido que um ou mais destes elementos pode ser descontínuo ao redor do guia de onda, tal como da maneira de raio de rodas sem afastamento do escopo desta invenção.

Na concretização ilustrada na Fig. 6a, o segmento interno 187 do membro de montagem 79 possui uma superfície superior geralmente plana que define o apoio 149 no qual o dispositivo de excitação 145, por exemplo, os anéis piezelétricos 147, é assentado. Uma superfície inferior 193 do segmento interno 187 é de forma adequada contornada à medida que ela se estende a partir de adjacente ao guia de onda 121 até sua conexão com a chapa de interconexão 191, e de forma mais adequada, possui um contorno de raios combinados. Em particular, o contorno da superfície inferior 193 na junção da chapa 191 com o segmento interno 187 do membro de montagem 79 é de forma adequada um contorno de raio menor (por exemplo, mais agudo, menos afunilado ou mais do tipo canto) para facilitar a distorção da chapa durante a vibração do guia de onda 121. O contorno da superfície inferior 193 na junção do segmento interno 187 do membro de montagem 79 com o guia de onda 121 é de forma adequada um contorno com um raio relativamente maior (por exemplo, mais afunilado ou suave) para reduzir a tensão no segmento interno do membro de montagem quando da distorção da chapa de interconexão 191 durante a vibração do guia de onda.

O segmento externo 189 do membro de montagem 79 é configurado para se assentar para baixo junto a um apoio formado pelo bocal 27 geralmente adjacente à extremidade superior 33 do bocal. Como mais bem visto na Fig. 6, a dimensão interna em seção transversal (por exemplo, diâmetro interno) do bocal 27 é graduada para o interior adjacente à extremidade superior 33 do bocal, por exemplo, longitudinalmente abaixo do membro de montagem 79, de modo que o bocal fica longitudinalmente espaçado da superfície inferior contornada 193 do segmento interno 187 e da chapa de interconexão 191 do membro de montagem, para permitir o deslocamento do membro de montagem durante a vibração ultrassônica do guia de onda 121. O membro de montagem 79 é de forma adequada dimensionado em seção transversal, de modo que pelo menos uma margem de borda externa do segmento externo 189 fique disposta longitudinalmente entre o apoio do bocal 27 e a extremidade inferior 31 do corpo principal 25 do invólucro do injetor de combustível 23 (isto é, a superfície do corpo principal e assenta junto à extremidade superior 33 do bocal). O membro de retenção 29 do injetor de combustível 21 impele o bocal 27 e o corpo principal 25 juntos para segurar a margem da borda do segmento externo do membro

de montagem 189 entre os mesmos.

A chapa de interconexão 191 é construída para ser relativamente mais fina do que os segmentos interno e externo 187, 189, do membro de montagem 79, para facilitar a flexão e / ou a curvatura da chapa em resposta à vibração ultrassônica do guia de onda 121.

5 Como um exemplo, em uma concretização, a espessura da chapa de interconexão 191 do membro de montagem 79 pode ser na faixa de cerca de 0,2 mm até cerca de 1 mm, e de forma mais adequada, cerca de 0,4 mm. A chapa de interconexão 191 do membro de montagem 79 de forma adequada compreende pelo menos um componente axial 192 e pelo menos um componente transversal (por exemplo, radial, na concretização ilustrada) 194. Na
10 concretização ilustrada, a chapa de interconexão 191 possui um par de componentes axiais transversalmente espaçados 192 conectados pelo componente transversal 194 de modo que a chapa geralmente é em formato de U em seção transversal.

Entretanto, é entendido que outras configurações que possuam pelo menos um componente axial 192 e pelo menos um componente transversal 194, são adequadas, tal
15 como formato em L, formato em H, formato em I, formato em U invertido, formato em L invertido, e assim por diante, sem afastamento do escopo desta invenção. Exemplos adicionais de configurações adequadas da chapa de interconexão 191 são ilustrados e descritos na Patente US 6.676.003, cuja revelação é incorporada neste documento por referência até a extensão em que ela é consistente com o mesmo.

20 Os componentes axiais 192 da chapa 191 dependem dos respectivos segmentos interno e externo, 187, 189 do membro de montagem e, geralmente, são de cantilever para o componente transversal 194. Por consequência, o componente axial 192 é capaz de dinamicamente curvar e / ou flexionar em relação ao segmento externo 189 do membro de montagem, em resposta ao deslocamento vibracional transversal do segmento interno 187
25 do membro de montagem, para desse modo isolar o invólucro 23 do deslocamento transversal do guia de onda. O componente transversal 194 da chapa 191 é de cantilever para os componentes axiais 192, de modo que o componente transversal é capaz de dinamicamente curvar e flexionar em relação aos componentes axiais (e, por consequência, em relação ao segmento externo 189 do membro de montagem) em resposta ao
30 deslocamento vibracional axial do segmento interno 187, para por meio disto isolar o invólucro 23 do deslocamento axial do guia de onda.

Na concretização ilustrada, o guia de onda 121 se expande radialmente, bem como se desloca ligeiramente axialmente na região nodal (por exemplo, onde o membro de montagem 79 está conectado com o guia de onda) quando da excitação ultrassônica do
35 guia de onda. Em resposta, o membro de interconexão em formato de U 191 (por exemplo, os componentes axial e transversal 192, 194, do mesmo) geralmente se curva e flexiona, e mais particularmente, rola em relação ao segmento externo fixo 189 do membro de

montagem 79, por exemplo, similar à maneira na qual um desentupidor de banheiro rola quando do deslocamento axial do punho do desentupidor. Por consequência, a chapa de interconexão 79 isola o invólucro do injetor de combustível 23 da vibração ultrassônica do guia de onda 121, e na concretização ilustrada, ela mais particularmente isola o segmento externo 189 do membro de montagem do deslocamento vibratório do segmento interno 187 do mesmo. Tal configuração de um membro de montagem 79 também proporciona largura de banda suficiente para compensar os deslocamentos da região nodal que podem ocorrer durante a operação normal. Em particular, o membro de montagem 79 pode compensar alterações na localização em tempo real da região nodal que surgem durante a transferência real da energia ultrassônica através do guia de onda 121. Tais alterações ou deslocamentos podem ocorrer, por exemplo, devido a alterações na temperatura e / ou em outras condições ambientais dentro da câmara de alta pressão 55.

Enquanto na concretização ilustrada, os segmentos interno e externo 187, 189, do membro de montagem 79 estão dispostos geralmente na mesma localização longitudinal em relação ao guia de onda, é entendido que os segmentos interno e externo podem ser longitudinalmente deslocados um do outro sem afastamento do escopo desta invenção. Também é contemplado que a chapa de interconexão 191 pode compreender somente um ou mais componentes axiais 192 (por exemplo, o componente transversal 194 pode ser omitido) e permanecer dentro do escopo desta invenção. Por exemplo, onde o guia de onda 121 possui um plano nodal e o membro de montagem 79 está localizado no plano nodal, o membro de montagem só precisa ser configurado para isolar o deslocamento transversal do guia de onda. Em uma concretização alternativa (não apresentada) é contemplado que o membro de montagem pode ser disposto adjacente ou em uma região antinodal do guia de onda, tal como em uma das extremidades opostas 123, 129, do guia de onda. Em tal concretização, a chapa de interconexão 191 pode somente compreender um ou mais componentes transversais 194 para isolar o deslocamento axial do guia de onda (isto é, pouco ou nenhum deslocamento transversal ocorrem na região antinodal).

Em uma concretização particularmente adequada, o membro de montagem 79 é de construção de peça única. Ainda de forma mais adequada, o membro de montagem 79 pode ser formado inteiramente com o guia de onda 121, como ilustrado na Fig. 6. Entretanto, é entendido que o membro de montagem 79 pode ser construído separado do guia de onda 121 e permanecer dentro do escopo desta invenção. Também é entendido que um ou mais componentes do membro de montagem 79 podem ser separadamente construídos e de forma adequada conectados ou de outro modo montados juntos.

Em uma concretização adequada, o membro de montagem 79 é adicionalmente construído para ser geralmente rígido (por exemplo, resistente ao deslocamento estático sob carga) de modo a manter o guia de onda 121 (e, por consequência, a agulha da válvula 53)

em alinhamento apropriado dentro da câmara de alta pressão 55. Por exemplo, o membro de montagem rígido em uma concretização pode ser construído de um material não elastomérico, de forma mais adequada, metal, e ainda de forma mais adequada, o mesmo metal a partir do qual o guia de onda é construído. Entretanto, o termo rígido não é pretendido para significar que o membro de montagem é incapaz de flexão e / ou curvatura dinâmica em resposta à vibração ultrassônica do guia de onda. Em outras concretizações, o membro de montagem rígido pode ser construído de um material elastomérico que seja suficientemente resistente ao deslocamento estático sob carga, mas que de outro modo seja capaz de flexão e / ou curvatura dinâmica em resposta à vibração ultrassônica do guia de onda. Enquanto o membro de montagem 79 ilustrado na Fig. 6 é construído de metal, e de forma mais adequada, construído do mesmo material que o guia de onda 121, é contemplado que o membro de montagem possa ser construído de outros materiais adequados geralmente rígidos sem afastamento do escopo desta invenção.

Com referência novamente às Figs. 6 e 8, o caminho do fluxo ao longo do qual o combustível flui dentro da câmara de alta pressão 55 do invólucro do injetor de combustível 23, é definido, em parte, pelo espaçamento transversal entre a superfície interna do bocal 27 e a superfície externa do segmento inferior 133 do guia de onda 121 (por exemplo, abaixo do membro de montagem 79), e entre a superfície interna do corpo principal 25 e as superfícies externas do dispositivo de excitação 145, do colar 151 e da manga 155 (por exemplo, acima do membro de montagem). O caminho do fluxo de combustível está em comunicação fluida com a entrada de combustível 57 do corpo principal 25 do invólucro do injetor 23 geralmente na manga 155, de modo que o combustível em alta pressão entrando no caminho do fluxo a partir da entrada de combustível flua para baixo (na concretização ilustrada) ao longo do caminho do fluxo em direção à ponta do bocal 81, para exaustão a partir do bocal 27 via as aberturas de exaustão 83. Como descrito anteriormente, o combustível em alta pressão adicional flui dentro da passagem interior 127 do guia de onda 121 entre o guia de onda e a agulha da válvula 53.

Devido ao membro de montagem 79 se estender transversal ao guia de onda 121 dentro da câmara de alta pressão 55, a extremidade inferior 31 do corpo principal 25 e a extremidade superior 33 do bocal 27, são de forma adequada configuradas para permitir que o caminho do fluxo de combustível se desvie geralmente ao redor do membro de montagem, à medida que o combustível flui dentro da câmara de alta pressão. Por exemplo, como mais bem ilustrado na Fig. 10, canais adequados 199 são formados na extremidade inferior 31 do corpo principal 25 em comunicação fluida com o caminho do fluxo à montante do membro de montagem 79 e são alinhados com os respectivos canais 201 formados na extremidade superior 33 do bocal 27, em comunicação fluida com o caminho do fluxo à jusante do membro de montagem. Por consequência, o combustível em alta pressão fluindo a partir da

entrada de combustível 57 para baixo, ao longo do caminho do fluxo à montante do membro de montagem 79 (por exemplo, entre o corpo principal 25 e a luva 155 / o colar 151 / os anéis piezelétricos 147) é direcionado através dos canais 199 no corpo principal ao redor do membro de montagem e através dos canais 201 no bocal 27 até o caminho do fluxo à jusante do membro de montagem (por exemplo, entre o bocal e o guia de onda 121).

Em uma concretização, o injetor de combustível é operado por um sistema de controle adequado (não apresentado) para controlar a operação da válvula solenóide e a operação do dispositivo de excitação 145. Tais sistemas de controle são conhecidos pelos versados na técnica, e não precisam ser adicionalmente descritos neste documento, exceto até a extensão necessária. A menos que uma operação de injeção esteja ocorrendo, a agulha da válvula 53 é tendida pela mola 111 no furo 35 do corpo principal 25 para sua posição fechada com a extremidade terminal 115 da agulha da válvula em contato de vedação com a ponta do bocal 81 para fechar as aberturas de exaustão 83. A válvula solenóide proporciona um fechamento no rebaixo 95 formado na cabeça 87 do suporte do pino 47 para fechar o furo 97 que se estende longitudinalmente através do suporte do pino. Nenhuma corrente é fornecida pelo sistema de controle para a montagem de guia de onda na posição fechada da agulha da válvula 53.

O combustível em alta pressão flui a partir de uma fonte de combustível (não apresentada) para dentro do injetor de combustível 21 na entrada de combustível 57 do invólucro 23. Sistemas adequados de distribuição de combustível para distribuir combustível pressurizado a partir da fonte de combustível para o injetor de combustível 21 são conhecidos na técnica e não precisam ser adicionalmente descritos neste documento. Em uma concretização, o combustível em alta pressão pode ser distribuído para o injetor de combustível 21 em uma pressão na faixa de cerca de 550 bar (8.000 psi) até cerca de 2070 bar (30.000 psi). O combustível em alta pressão flui através do canal de distribuição superior 59 do corpo principal 25 até o espaço anular 99 entre o corpo principal e o suporte do pino 47, e através do canal de alimentação 101 do suporte do pino para dentro do canal interno 91 do suporte do pino, acima do pino 93 e para cima através do furo 97, no suporte do pino. O combustível em alta pressão também flui através do caminho de fluxo de alta pressão, isto é, através do canal de distribuição inferior 61 do corpo principal 25 até a câmara de alta pressão 55, para encher a câmara de alta pressão, tanto para o exterior do guia de onda 121 como dentro da passagem interior 127 do guia de onda. Nesta condição, o combustível em alta pressão acima do pino 93, junto com a tendência da mola 111, inibe o combustível em alta pressão na câmara de alta pressão 55 de impelir a agulha da válvula 53 para a sua posição aberta.

Quando o sistema de controle do injetor determina que a injeção de combustível para o motor de combustão é necessária, a válvula solenóide é energizada pelo sistema de

controle para abrir o furo no suporte do pino 97, de modo que o combustível em alta pressão flua para fora do suporte do pino para o canal de retorno de combustível 71 na extremidade superior 37 do corpo principal 25 como combustível com menor pressão, desse modo diminuindo a pressão de combustível atrás (por exemplo, acima) do pino 93 dentro do
 5 suporte do pino. Por consequência, o combustível em alta pressão na câmara de alta pressão 55 agora é capaz de impelir a agulha da válvula 53 contra a tendência da mola 111 para a posição aberta da agulha da válvula. Na posição aberta da agulha da válvula 53, a extremidade terminal 115 da agulha da válvula está suficientemente espaçada da ponta do bocal 81 nas aberturas de exaustão 83 para permitir que o combustível na câmara de alta
 10 pressão 55 seja exaurido através das aberturas de exaustão.

Ao energizar a válvula solenóide para permitir que a agulha da válvula 53 se mova para a sua posição aberta, tal como aproximadamente simultaneamente com a mesma, o sistema de controle também direciona o gerador de corrente elétrica em alta frequência para distribuir corrente para o dispositivo de excitação 145, isto é, os anéis piezelétricos 147 na
 15 concretização ilustrada, via o anel de contato 165 e a fiação adequada 183 que eletricamente conecta o anel de contato com os anéis piezelétricos. Como descrito anteriormente, os anéis piezelétricos 147 são levados a se expandir e a contrair (particularmente, na direção longitudinal do injetor de combustível 21) geralmente na frequência ultrassônica na qual a corrente é distribuída para o dispositivo de excitação 145.

A expansão e a contração dos anéis 147 causam que o segmento superior 131 do guia de onda 121 se alongue e se contraia de forma ultrassônica (por exemplo, geralmente na mesma frequência em que os anéis piezelétricos se expandem e contraem). O alongamento e a contração do segmento superior 131 do guia de onda 121 desta maneira excita o guia de onda (por exemplo, de forma adequada, na frequência ressonante do guia
 25 de onda), e em particular, ao longo do segmento inferior 133 do guia de onda, resultando na vibração ultrassônica do guia de onda ao longo do segmento inferior e em particular, na parte expandida 195 do segmento inferior na extremidade terminal 123 do mesmo.

Com a agulha da válvula 53 na sua posição aberta, o combustível em alta pressão na câmara de alta pressão 55 flui ao longo do caminho do fluxo, e em particular, passa pela
 30 extremidade terminal vibrando de forma ultrassônica 123 do guia de onda 121, até as aberturas de exaustão 83 da ponta do bocal 81. A energia ultrassônica é aplicada pela extremidade terminal 123 do guia de onda 121 para o combustível em alta pressão apenas à montante (ao longo do caminho do fluxo) das aberturas de exaustão 83 para geralmente atomizar o combustível (por exemplo, para diminuir o tamanho da gotícula e estreitar a
 35 distribuição de tamanho da gotícula do combustível saindo do injetor 21). A energização ultrassônica do combustível antes dele sair das aberturas de exaustão 83 produz um borrifio pulsante, geralmente em formato de cone, de combustível líquido atomizado distribuído para

dentro da câmara de combustão servida pelo injetor de combustível 21.

Na concretização ilustrada das Figs. 1 até 10, e como descrito anteriormente neste documento, a operação do pino 93, e por consequência, da agulha da válvula 53, é controlada pela válvula solenóide (não apresentada). É entendido, entretanto, que outros dispositivos, tal como, sem limitação, dispositivos atuados por came, dispositivos operados por elemento piezelétrico ou magnetoestrutivo, dispositivos hidraulicamente operados ou outros dispositivos mecânicos adequados, com ou sem válvulas de amplificação de fluido, podem ser utilizados para controlar a operação da agulha da válvula sem afastamento do escopo desta invenção.

A Figura 11 ilustra uma segunda concretização de um dispositivo ultrassônico de distribuição de líquido, geralmente indicado por 421, da presente invenção. O dispositivo 421 desta segunda concretização é amplamente descrito neste documento com referência a qualquer dispositivo acionado de forma ultrassônica no qual um borrafo pressurizado de líquido é exaurido a partir do dispositivo seguindo-se a aplicação de energia ultrassônica para o líquido, e sendo contemplado que tal dispositivo pode ter a aplicação em aparelhos tais como, sem limitação, nebulizadores e outros dispositivos de distribuição de remédio, equipamento de moldagem, umidificadores, aparelhos de injeção de combustível para motores, sistema de borrafo de pintura, sistemas de distribuição de tinta, sistemas de mistura, sistemas de homogeneização, sistemas de secagem por atomização, sistemas de resfriamento e outras aplicações nas quais um borrafo de líquido gerado de forma ultrassônica é utilizado.

O dispositivo 421 ilustrado compreende um invólucro, geralmente designado por 423, possuindo uma entrada 457 para receber líquido para dentro do invólucro. O líquido é de forma adequada pressurizado na faixa de ligeiramente acima de 0,0 bar (0,0 psi) até cerca de 3.450 bar (50.000 psi). Na concretização ilustrada, o invólucro 423 é compreendido, pelo menos em parte, de um membro de invólucro superior (com respeito à orientação vertical do dispositivo 421 ilustrado na Fig. 11) 425 e um membro de invólucro inferior. Uma extremidade inferior 431 do membro de invólucro superior 425 assenta junto a uma extremidade superior 433 do membro de invólucro inferior 427 e os membros de invólucro são seguros juntos por um conector com roscas adequado 429. Os membros de invólucro, superior e inferior, 425, 427, juntos definem uma câmara interna 455, em comunicação fluida com a entrada 457. O membro de invólucro inferior 427 possui um furo com roscas se estendendo de forma axial 480, formado na sua parte de baixo para receber de forma roscada um inserto 482 no mesmo, de modo que o inserto adicionalmente defina o invólucro 423 do dispositivo 421. Uma abertura de exaustão 483 se estende de forma axial através do inserto 482, para, em linhas gerais, definir uma abertura de exaustão do invólucro 423 através da qual o líquido é exaurido a partir do invólucro.

Enquanto o inserto 482 ilustrado na Fig. 11 possui uma única abertura de exaustão 483, é contemplado que o inserto pode compreender mais do que uma abertura de exaustão. Também é contemplado que o inserto 482 pode ser totalmente omitido e a parte de baixo do membro de invólucro inferior 427 geralmente fechada com uma ou mais

5 aberturas de exaustão formadas no mesmo. O invólucro 423 da concretização ilustrada geralmente é cilíndrico, mas de forma adequada, pode ser de qualquer formato, e pode ser dimensionado dependendo, pelo menos em parte, da quantidade desejada de líquido a ser disposta dentro do invólucro antes da distribuição, do número e do tamanho das aberturas de exaustão, e da frequência de operação na qual o dispositivo opera. Também é

10 contemplado que o membro de invólucro inferior 427 pode ser configurado similar ao bocal 27 da concretização das Figs. 1 até 10 com uma ou mais aberturas de exaustão 83 formadas em uma ponta 81 do bocal.

A entrada de líquido 457 se estende transversalmente através da parede lateral 552 do membro de invólucro inferior 427 para a comunicação fluida com a câmara interna 455

15 do invólucro 423. Entretanto, é contemplado que a entrada de líquido 457 possa ser exposta substancialmente em qualquer lugar ao longo da lateral do membro de invólucro inferior 427, ou ao longo da lateral do membro de invólucro superior 425, ou mesmo se estender de forma axial através da parte de cima do membro de invólucro superior e permanecer dentro do escopo desta invenção. Assim, a câmara interna 455 ilustrada na Fig. 11 em linhas

20 gerais define um caminho do fluxo de líquido ao longo do qual o líquido flui dentro do invólucro 423 até a abertura de exaustão 483 para exaustão do líquido a partir do invólucro.

O dispositivo 423 ilustrado na Fig. 11 carece de um membro de válvula (por exemplo, um membro de válvula similar à agulha da válvula 53 da concretização das Figs. 1 até 10) ou de outro componente disposto dentro do invólucro para controlar o fluxo de

25 líquido para a abertura de exaustão 483. Ao invés disso, nesta segunda concretização, o líquido pode fluir continuamente dentro da câmara interna 455 para a abertura de exaustão 483. Entretanto, é entendido que um sistema de controle adequado (não apresentado) externo ao invólucro 423 pode controlar o fluxo de líquido para a entrada do invólucro 457 para desse modo controlar a distribuição de líquido para a abertura de exaustão 483 sem

30 afastamento do escopo desta invenção.

Uma montagem alongada de guia de onda ultrassônica, geralmente indicada por 550, se estende de forma axial a partir do invólucro 423 (por exemplo, na direção longitudinal ou vertical do invólucro ilustrado na Fig. 11) e é disposta totalmente dentro da câmara interna 455 do invólucro. Em particular, a montagem de guia de onda 550 de forma

35 adequada pode ser construída substancialmente da mesma maneira que a montagem de guia de onda 150 do injetor de combustível 21 da concretização das Figs. 1 até 10. A extremidade terminal 523 do guia de onda 521 da montagem 550 é de forma adequada

disposta próxima da abertura de exaustão 483. O termo "próxima" é utilizado aqui em um sentido qualitativo, somente para dizer que a energia ultrassônica é transmitida pela extremidade terminal 523 do guia de onda 521 para o líquido na câmara interna 455 logo antes do líquido entrar na abertura de exaustão 483, e não é pretendido fazer referência a um espaçamento específico entre a abertura de exaustão e a extremidade terminal do guia de onda.

Como ilustrado na Fig. 11, a dimensão interna em seção transversal da parede lateral 552 do membro de invólucro inferior 427 diminui em direção à extremidade inferior 481 do membro de invólucro inferior. A parte alargada 695 adjacente e / ou na extremidade terminal 523 do guia de onda 521 está assim em relação de contato estreito ou mesmo correção com a parede lateral 552 em direção à extremidade inferior 481 do membro de invólucro inferior 427, por exemplo, logo à montante (em relação à direção na qual o líquido pressurizado flui dentro da câmara interna 455 até a abertura de exaustão 483) da abertura de exaustão, de modo que o caminho do fluxo do líquido dentro do invólucro se estreita adjacente ou na extremidade terminal do guia de onda.

Entretanto, é entendido que a extremidade terminal 523 do guia de onda 521 (ou outro segmento do mesmo) não precisa estar em relação próxima com a parede lateral 552 do membro de invólucro inferior 427 para permanecer dentro do escopo desta invenção. Por exemplo, a dimensão externa em seção transversal do guia de onda 521 pode ser substancialmente uniforme ao longo de seu comprimento, ao invés de ter a parte alargada 695, ou ela pode estreitar em direção à extremidade terminal 523 do guia de onda. Alternativamente, ou adicionalmente, a dimensão interna em seção transversal da parede lateral 552 do membro de invólucro inferior 427 pode não diminuir em direção à extremidade inferior 481 do membro de invólucro inferior.

O guia de onda 521 é de forma adequada interconectado com o invólucro 423 dentro da câmara interna 455 por um membro de montagem se estendendo de forma transversal 479 construído substancialmente similar ao membro de montagem 79 da concretização das Figs. 1 até 10. Por consequência, o membro de montagem 479 isola de forma vibracional o invólucro 423 da vibração mecânica do guia de onda 521. O segmento externo 689 do membro de montagem 479 é seguro entre a extremidade inferior 431 do membro de invólucro superior 425 e a extremidade superior 433 do membro de invólucro inferior 427. Aberturas adequadas (não apresentadas, mas similar às aberturas 199, 201, ilustradas na concretização das Figs. 1 até 10) podem ser formadas nos membros de invólucro superior e inferior 425, 427, onde o segmento externo 689 do membro de montagem 479 é seguro entre os mesmos, para permitir ao líquido fluir longitudinalmente dentro da câmara interna passando pelo membro de montagem.

A montagem de guia de onda 550 também compreende o dispositivo de excitação

545 (por exemplo, os anéis piezelétricos 547 na concretização ilustrada), o qual é comprimido junto ao membro de montagem 479 pelo colar 551, preso com roscas com o segmento superior 531 do guia de onda 521. A corrente elétrica é fornecida para o dispositivo de excitação 545 pela fiação adequada (não apresentada, mas similar à fiação 181, 183, da concretização das Figs. 1 até 10) se estendendo através da lateral do invólucro 423 e eletricamente conectada com o anel de contato 683 dentro da câmara interna 455.

Em operação, o líquido é distribuído para a entrada de líquido 457 do invólucro 423 para fluir ao longo do caminho de fluxo, por exemplo, dentro da câmara interna 455, até a abertura de exaustão 483. À medida que o líquido pressurizado flui passando pela extremidade terminal 523 do guia de onda 521 até a abertura de exaustão 483, a montagem de guia de onda 450 é operada substancialmente da mesma maneira que a montagem de guia de onda 150 do injetor de combustível 21 das Figs. 1 até 10, para de forma ultrassônica vibrar a extremidade terminal do guia de onda, tal como na maneira de uma trompa ultrassônica. A energia ultrassônica desse modo é transmitida pela extremidade terminal 523 do guia de onda 521 para o líquido, logo antes do líquido entrar na abertura de exaustão 483 para geralmente atomizar o líquido (por exemplo, para diminuir o tamanho da gotícula e estreitar a distribuição de tamanho da gotícula do líquido saindo do dispositivo 421). A energização ultrassônica do líquido antes de ele sair da abertura de exaustão 483 geralmente produz um borrifio pulsante, geralmente em formato de cone, de líquido atomizado distribuído a partir do dispositivo 421.

A Figura 12 ilustra um dispositivo ultrassônico de distribuição de líquido, geralmente indicado por 821, de acordo com uma terceira concretização da presente invenção. O dispositivo 821 desta terceira concretização é similar a este da segunda concretização, exceto quer a montagem de guia de onda 950 desta terceira concretização é ilustrada como sendo somente parcialmente disposta dentro da câmara interna 855 do invólucro 823. O invólucro 823 desta terceira concretização compreende um membro de invólucro 825 definindo a câmara interna 855, e um fechamento 826 (por exemplo, um fechamento anular na concretização ilustrada) preso com roscas sobre uma extremidade superior aberta 837 do membro de invólucro para adicionalmente definir o invólucro e para segurar o segmento externo 1089 do membro de montagem 879 entre o fechamento e o membro de invólucro para por meio disto segurar o membro de montagem (e por consequência, a montagem de guia de onda 850) no local. O membro de montagem 879 assim, de forma vibracional, isola o invólucro 823 da vibração mecânica do guia de onda 921, como descrito anteriormente em conexão com a primeira e com a segunda concretização. O inserto 882 desta terceira concretização é ilustrado como possuindo várias aberturas de exaustão 883.

Na concretização ilustrada na Fig. 12, o segmento inferior 933 do guia de onda 921 se estende totalmente dentro da câmara interna 855, enquanto o segmento superior 931 do

guia de onda se estende para cima a partir do membro de montagem 879 de forma axila para o exterior do invólucro 823. O dispositivo de excitação 945, por exemplo, os anéis piezelétricos 947, por consequência, são dispostos exteriores ao invólucro 823, junto com o colar 951 que comprime os anéis contra a superfície superior do membro de montagem 879.

5 A corrente elétrica pode ser distribuída para o dispositivo de excitação 945 pela fiação adequada (não apresentada) sem a necessidade da luva 155, do anel de contato 165 e do anel guia 167, associados com o injetor de combustível 21 ilustrado nas Figs 1 até 10. Entretanto, é entendido que tal luva, anel de contato e anel guia podem ser incorporados no dispositivo 821, ilustrado na Fig. 12, sem afastamento do escopo desta invenção.

10 A Figura 13 ilustra uma quarta concretização de um dispositivo ultrassônico de distribuição de líquido, geralmente indicado por 1021. O dispositivo 1021 desta quarta concretização é amplamente descrito neste documento com referência a qualquer dispositivo acionado de forma ultrassônica no qual um borrafo pressurizado de líquido seja exaurido a partir do dispositivo seguindo-se a aplicação de energia ultrassônica para o
15 líquido, sendo contemplado que tal dispositivo pode ter a aplicação em aparelhos tais como, sem limitação, nebulizadores e outros dispositivos de distribuição de remédio, equipamento de moldagem, umidificadores, aparelhos de injeção de combustível para motores, sistemas de borrifar pintura, sistemas de distribuição de tinta, sistemas de mistura, sistemas de homogeneização, sistemas de secagem por atomização, sistemas de resfriamento, e outras
20 aplicações nas quais um borrafo de líquido gerado de forma ultrassônica é utilizado.

O dispositivo 1021 ilustrado compreende um invólucro alongado, designado geralmente por 1023, possuindo um membro de invólucro superior 1025 (com respeito à orientação vertical do dispositivo ilustrado na Fig. 13), um membro de invólucro intermediário 1026, e um membro de invólucro inferior 1027. O membro de invólucro superior 1025 inclui
25 uma extremidade superior fechada 1025A e uma extremidade inferior aberta 1025B. O membro de invólucro intermediário 1026 é aberto em suas extremidades longitudinais 1026A, 1026B. O membro de invólucro inferior 1027 inclui uma extremidade superior aberta 1027A e uma extremidade inferior 1027B. A extremidade inferior 1025B do membro de invólucro superior 1025 assenta junto à extremidade superior 1026A do membro de
30 invólucro intermediário 1026, e os membros de invólucro são seguros juntos por um conector com roscas adequado 1029. A extremidade inferior 1026B do membro de invólucro intermediário 1026 se conecta (por exemplo, uma conexão com roscas, encaixe por pressão ou outra conexão adequada) com a extremidade superior 1027^a do membro de invólucro inferior. Como resultado, os membros de invólucro superior, intermediário e inferior 1025,
35 1026, 1027, juntos definem uma câmara interna 1055 do invólucro 1023. É contemplado que o invólucro alternativamente possa ser construído de menos do que 3 peças, ou mais do que 3 peças, dentro do escopo desta invenção.

Na concretização do dispositivo 1021 ilustrado na Fig. 13, o membro de invólucro intermediário 1026 possui um comprimento que é significativamente maior do que os comprimentos dos membros de invólucro superior e inferior 1025, 1027. Entretanto, é entendido que os comprimentos relativos de cada um destes membros de invólucro pode variar. Por exemplo, os membros de invólucro superior, intermediário e inferior 1025, 1026, 1027, podem ser iguais em comprimento, o membro superior pode ter um comprimento maior do que os membros de invólucro intermediário e inferior, ou o membro de invólucro inferior pode ter um comprimento maior do que os membros de invólucro superior e intermediário.

Uma abertura 1057 em uma parede lateral 1152 do membro de invólucro intermediário 1026 adjacente à sua extremidade superior 1026^a define uma entrada 1057 para receber líquido pra dentro da câmara interna 1055 do invólucro 1023. É contemplado, entretanto, que a entrada 1057 pode ser disposta substancialmente em qualquer lugar ao longo da lateral do membro de invólucro inferior 1027, ao longo da lateral do membro de invólucro intermediário 1026, ou ao longo da lateral do membro de invólucro superior 1025, ou estendida através de uma extremidade fechada 1025A do membro de invólucro superior e permanecer dentro do escopo desta invenção.

A extremidade inferior 1027B do membro de invólucro inferior 1027 possui um furo com roscas se estendendo de forma axial 1080 para receber de forma roscada um inserto 1082 no mesmo, de modo que o inserto adicionalmente define o invólucro 1023 do dispositivo 1021. Uma abertura de exaustão 1083 se estende de forma axial através do inserto 1082, para em linhas gerais definir uma abertura (ou saída) de exaustão do invólucro 1023 através da qual o líquido é exaurido a partir do invólucro. Enquanto o inserto 1082 ilustrado na Fig. 13 possui uma única abertura de exaustão 1083, é contemplado que o inserto pode compreender mais do que uma abertura de exaustão. Também é contemplado que um inserto 1082 pode ser totalmente omitido e a extremidade inferior 1027B do membro de invólucro inferior 1027 pode ser formada com uma ou mais aberturas de exaustão 1083 na mesma.

A câmara interna 1055 do invólucro 1023 em linhas gerais define um caminho do fluxo de líquido ao longo do qual o líquido pode fluir dentro do invólucro 1023 a partir da entrada 1057 até a abertura de exaustão 1083 para a exaustão do líquido a partir da câmara interna do invólucro. Enquanto o dispositivo 1021 ilustrado na Fig. 13 possui uma única entrada 1057 e uma única abertura de exaustão 1083, é contemplado que o dispositivo pode compreender mais do que uma entrada e / ou mais do que uma abertura de exaustão. O invólucro 1023 da concretização ilustrada geralmente é cilíndrico mas, de forma adequada, pode ser de qualquer formato, e pode ser dimensionado, dependendo, pelo menos em parte, da quantidade desejada de líquido a ser disposto dentro do invólucro antes da

distribuição, do número e do tamanho das entradas e das aberturas de exaustão, e da frequência de operação na qual o dispositivo opera.

Uma montagem alongada do guia de onda ultrassônica, geralmente indicada por 1150, se estende de forma axial a partir do invólucro 1123 (por exemplo, na direção longitudinal ou vertical do invólucro, ilustrada na Fig. 13). A montagem de guia de onda ultrassônica compreende um guia de onda ultrassônica 1121 e um dispositivo de excitação 1145 mantido na montagem da maneira descrita anteriormente em conexão com a concretização das Figs. 1 até 10. Como ilustrado na Fig. 13, pelo menos uma parte do guia de onda 1121 está disposta dentro da câmara interna 1055 do invólucro 1023 e, mais especificamente, no caminho do fluxo de líquido a partir da entrada até a abertura de exaustão, de modo que o líquido fluindo a partir da entrada 1057 até a abertura de exaustão 1083 está em contato fluido direto com o guia de onda.

Em uma concretização adequada, toda a montagem de guia de onda ultrassônica 1150 está disposta dentro da câmara interna 1055 do invólucro 1023. Em uma disposição, como ilustrado na Fig. 13, o dispositivo de excitação 1145 está disposto dentro da câmara interna 1055, mas está isolado do caminho do fluxo de líquido. Como resultado, o líquido passando através da câmara interna 1055 do invólucro 1023 não entra em contato com o dispositivo de excitação 1145. Entretanto, é entendido que o dispositivo de excitação 1145 pode estar dentro do caminho do fluxo do líquido, por exemplo, se a entrada 1057 estiver localizada na extremidade superior 1025A do membro de invólucro superior 1025.

O guia de onda ultrassônica 1121 desta concretização compreende um corpo alongado geralmente cilíndrico possuindo uma superfície externa 1122. O guia de onda ultrassônica 1121 de forma adequada inclui vários segmentos de meio comprimento de onda alinhados de forma axial de modo que o guia de onda possui uma ou mais regiões nodais e duas ou mais regiões antinodais. Por exemplo, o guia de onda 1121 ilustrado possui cinco segmentos de meio comprimento de onda, definindo cinco regiões nodais e seis regiões antinodais. Entretanto, é contemplado que o guia de onda ultrassônica 1121 pode possuir mais ou menos segmentos de meio comprimento de onda do que cinco, incluindo um único segmento de meio comprimento de onda. Um único segmento de meio comprimento de onda possuiria uma região nodal e duas regiões antinodais. Em uma concretização, os segmentos de meio comprimento de onda são formados separados um do outro e conectados ponta com ponta (por exemplo, pela conexão com roscas ou por outra conexão adequada) para formar o guia de onda. Entretanto, é entendido que o guia de onda pode ser de uma construção com uma única peça sem afastamento do escopo desta invenção.

Como utilizado neste documento, a “região antinodal” do guia de onda ultrassônica 1121 se refere à uma região ou segmento longitudinal do guia de onda ultrassônica ao longo

do qual ocorre pouco (ou nenhum) deslocamento transversal durante a vibração ultrassônica do guia de onda ultrassônica e o deslocamento longitudinal (por exemplo, axial na concretização ilustrada) do guia de onda ultrassônica geralmente é maximizado. Na concretização ilustrada, o guia de onda ultrassônica 1121 é tal que a região antinodal é particularmente definida por um plano antinodal (isto é, um plano transversal ao guia de onda ultrassônica na qual não ocorre deslocamento transversal enquanto o deslocamento longitudinal geralmente é maximizado) está presente. Este plano algumas vezes também é referido como um ponto antinodal.

O dispositivo de excitação 1145 (por exemplo, os anéis piezelétricos 1147 na concretização ilustrada) está em contato direto com um segmento superior 1031 do guia de onda ultrassônica 1121. A corrente elétrica é fornecida para o dispositivo de excitação 1145 pela fiação adequada (não apresentada, mas similar à fiação 181, 183, da concretização das Figs. 1 até 10) se estendendo através da lateral do invólucro 1023 e eletricamente conectada com um anel de contato (similar ao anel de contato 165 da concretização das Figs. 1 até 10) dentro da câmara interna 1055.

Como ilustrado na Fig. 13, pelo menos um membro de agitação 1124 se estende pelo menos em parte transversalmente para o exterior a partir da superfície externa 1122 do guia de onda ultrassônica 1121. Na concretização ilustrada, vários membros de agitação 1124 são ilustrados na forma de quatro anéis em formato de arruela, que se estendem continuamente ao redor da circunferência do guia de onda ultrassônica 1121 em relação longitudinalmente espaçada um com o outro e transversalmente (por exemplo, radialmente na concretização ilustrada) para o exterior a partir da superfície externa 1122 do guia de onda ultrassônica. Desta maneira, o deslocamento vibracional de cada um dos anéis em relação ao guia de onda ultrassônica 1121 é relativamente uniforme ao redor da circunferência do guia de onda ultrassônica. Cada um dos membros de agitação 1124 está disposto na câmara interna 1055 do invólucro 1023, e especificamente, dentro do caminho do fluxo de líquido entre a entrada 1057 e a abertura de exaustão 1083. Como resultado, o líquido fluindo através do caminho do fluxo a partir da entrada 1057 até a abertura de exaustão 1083 passa por cada um dos membros de agitação 1124.

Entretanto, é entendido que os membros de agitação 1124 não precisam ser cada um deles contínuo ao redor da circunferência do guia de onda ultrassônica 1122. Por exemplo, os membros de agitação 1124, ao invés disso, podem ser na forma de raios, lâminas, aletas ou de outros membros estruturais separados que se estendem de forma transversal para o exterior a partir da superfície externa 1122 do guia de onda ultrassônica 1122. É entendido que o número de membros de agitação 1124 (por exemplo, os anéis na concretização ilustrada) pode ser menor ou maior do que quatro, sem afastamento do escopo desta invenção. Também é entendido que o espaçamento longitudinal entre os

membros de agitação 1124 pode ser diferente do espaçamento ilustrado na Fig. 13 (por exemplo, mais próximo ou adicionalmente mais separado). Enquanto os membros de agitação 1124 ilustrados na Fig. 13 são igualmente longitudinalmente espaçados um do outro, é contemplado que onde mais do que dois membros de agitação estão presentes, o espaçamento entre membros de agitação longitudinalmente consecutivos não precisa ser uniforme para permanecer dentro do escopo desta invenção.

As localizações dos membros de agitação 1124 no guia de onda ultrassônica 1121 são, pelo menos em parte, em função do deslocamento vibratório pretendido dos membros de agitação quando da vibração do guia de onda ultrassônico. Em uma concretização adequada, cada um dos membros de agitação 1124 está posicionado em uma respectiva região antinodal do guia de onda ultrassônica 1121 para maximizar o movimento longitudinal dos membros de agitação ao longo do caminho do fluxo, enquanto minimizando seu movimento transversal. É entendido que os membros de agitação 1124 podem ser espaçados a partir da região antinodal do guia de onda ultrassônica 1121 sem afastamento do escopo desta invenção. É adicionalmente entendido que para concretizações que incluem dois ou mais membros de agitação 1124, os membros de agitação 1124 podem estar localizados tanto em uma região antinodal como em uma região nodal do guia de onda ultrassônica.

Os membros de agitação 1124 são suficientemente construídos (por exemplo, em material e / ou dimensão, tal como espessura e comprimento transversal, que é a distância que o membro de agitação se estende transversalmente para o exterior a partir da superfície externa 1122 do guia de onda ultrassônica 1121) para facilitar o movimento dinâmico, e em particular, a flexão / curvatura dinâmica dos membros de agitação 1124 em resposta à vibração ultrassônica do guia de onda ultrassônica. Enquanto os membros de agitação 1124 (por exemplo, os anéis) ilustrados na Fig. 13 são relativamente planos, isto é, relativamente retangulares em seção transversal, é entendido que os anéis podem possuir uma seção transversal que seja diferente de retangular, sem afastamento do escopo desta invenção. O termo seção transversal é utilizado neste caso para fazer referência a uma seção transversal pega ao longo de uma direção transversal (por exemplo, radialmente na concretização ilustrada) em relação à superfície externa 1122 do guia de onda ultrassônica 1121. Adicionalmente, apesar dos membros de agitação 1124 (por exemplo, os anéis) ilustrados na Fig. 13 serem construídos somente para possuir um componente transversal, é contemplado que um ou mais dentre os membros de agitação podem possuir pelo menos um componente longitudinal (por exemplo, axial) para tirar vantagem do deslocamento vibracional transversal do guia de onda ultrassônica 1121 (por exemplo, próximo ou na região nodal do guia de onda ultrassônico ilustrado na Fig. 13) durante a vibração ultrassônica da montagem de guia de onda ultrassônica 1150. Por exemplo, um ou mais

dentre os membros de agitação 1124 pode ser formado com uma seção transversal geralmente em formato de T, uma seção transversal em formato de L, uma seção transversal em formato do símbolo de soma, ou com outra seção transversal adequada.

5 A montagem de guia de onda 1150 de forma adequada é interconectada com o invólucro 1023 dentro da câmara interna 1055 por um membro de montagem se estendendo de forma transversal 1079A (em linhas gerais "um primeiro membro de isolamento") construído substancialmente similar ao membro de montagem 79 da concretização das Figs. 1 até 10. O membro de montagem de modo vibracional isola o invólucro 1023 da vibração mecânica do guia de onda 1121. É entendido que mais do que um membro de montagem
10 pode ser proporcionado. Como ilustrado na Fig. 13, o membro de montagem 1079A é formado como uma peça com a montagem de guia de onda 1150, mas é contemplado que o membro de montagem possa ser formado como uma peça separada.

Na concretização ilustrada, o membro de montagem 1079A é afixado junto ao invólucro 1023 na junção dos membros de invólucro superior e intermediário 1025, 1026, o
15 qual está alinhado com uma das regiões nodais do guia de onda ultrassônica 1121. Como resultado, o membro de montagem 1079 inibe o movimento transversal da montagem do guia de onda 1150. É contemplado que o membro de montagem 1079^a pode possuir localizações diferentes ao longo do comprimento do guia de onda ultrassônica 1121 incluindo a região antinodal sem afastamento do escopo desta invenção.

20 A montagem de guia de onda 1150 é de forma axial suportada dentro da câmara interna 1055 do invólucro 1023 por um membro de estabilização 1079B (em linhas gerais "um segundo membro de isolamento") espaçado longitudinalmente a partir do membro de montagem. O membro de estabilização 1079B inclui um componente radial 1088A e um componente axial 1088B, como descrito na Patente US 6.676.003, cuja revelação é
25 incorporada neste documento por referência até a extensão em que ela é consistente com o mesmo. O membro de estabilização 1079B coopera com o membro de montagem 1079A para de forma vibracional isolar o invólucro 1023 da vibração mecânica do guia de onda 1121.

Em uma concretização adequada, o membro de estabilização 1079B é posicionado
30 na região nodal do guia de onda ultrassônica 1121 para inibir o movimento transversal da montagem de guia de onda 1150. É contemplado que o membro de estabilização 1079B possa possuir diferentes localizações ao longo do comprimento do guia de onda ultrassônica 1121, incluindo na região antinodal, sem afastamento do escopo desta invenção. Como ilustrado na Fig. 13, o membro de estabilização 1079B é disposto dentro da câmara interna
35 1055 do invólucro 1023 intermediário à entrada 1057 e à abertura de exaustão 1083, de modo que o membro de estabilização é disposto dentro do caminho do fluxo. como resultado, o membro de estabilização 1079B inclui aberturas (não apresentadas) para

permitir ao líquido passar pelo membro de estabilização à medida que ele flui a partir da entrada 1057 até a abertura de exaustão 1083.

O membro de estabilização 1079B é dimensionado e formatado em relação ao invólucro 1023 de modo que ele possua um encaixe por fricção com o invólucro. Mais especificamente, o componente radial 1088A do membro de estabilização 1089B entra em contato com a superfície interna do invólucro 1023 com resistência de fricção suficiente que, durante o deslocamento dinâmico do guia de onda ultrassônica 1121, o componente radial 1088A permanece estacionário com respeito ao invólucro. O componente axial 1088 B do membro de estabilização 1079B se curva / se flexiona durante o deslocamento dinâmico do guia de onda ultrassônica 1121 de modo que o guia de onda ultrassônica pode se mover sem o movimento do componente radial 1088A. O membro de estabilização 1079 B, entretanto, é capaz de movimento correção em relação ao invólucro 1023 na direção axial (longitudinal) de modo que o guia de onda ultrassônica pode ser inserido e removido a partir da câmara interna 1055 do invólucro 1023. É entendido que mais do que um membro de estabilização pode ser proporcionado. Como ilustrado na Fig. 13, o membro de estabilização 1079B é formado como uma peça com a montagem do guia de onda 1150, mas é contemplado que o membro de estabilização possa ser formado como uma peça separada.

Em operação, o líquido é distribuído para a entrada de líquido 1057 do invólucro 1023 para fluir ao longo do caminho do fluxo, por exemplo, dentro da câmara interna 1055, até a abertura de exaustão 1083. À medida que o líquido pressurizado flui ao longo do guia de onda 1121 em direção à abertura de exaustão 1083, a montagem de guia de onda 1050 é operada substancialmente da mesma maneira que a montagem de guia de onda 150 do injetor de combustível 21 das Figs. 1 até 10, para de forma ultrassônica vibrar o guia de onda. A energia ultrassônica é desse modo transmitida pelo guia de onda ultrassônica 1121 para o líquido antes de o líquido sair do caminho do fluxo via a abertura de exaustão 1083 para geralmente atomizar o líquido (por exemplo, para diminuir o tamanho da gotícula e estreitar a distribuição do tamanho da gotícula do líquido saindo do dispositivo 1021). A energização ultrassônica do líquido antes dele sair da abertura de exaustão 1083 geralmente produz um borrifio pulsante geralmente em formato de cone de líquido atomizado distribuído a partir do dispositivo 1021. Além disso, os membros de agitação 1124 misturam o líquido à medida que ele flui através do caminho do fluxo. Certos líquidos (por exemplo, soluções) podem de forma não desejada se separarem em várias fases. Os membros de agitação 1124 agitam o líquido durante a operação do guia de onda ultrassônica 1121 à medida que o líquido passa pelos membros de agitação para desse modo manter o líquido em um estado misturado. Mais especificamente, os membros de agitação 1124 são dinamicamente deslocados longitudinalmente em relação ao invólucro 1023 dentro do caminho do fluxo de líquido, devido ao seu deslocamento dentro da região antinodal do guia

de onda ultrassônica 1121.

A Figura 14 ilustra um dispositivo ultrassônico de distribuição de líquido geralmente indicado por 1221, de acordo com uma quinta concretização da presente invenção. O dispositivo 1221 desta quinta concretização é similar a este da quarta concretização, exceto
5 que uma montagem de guia de onda 1350 desta quinta concretização é ilustrada como sendo somente parcialmente disposta dentro de uma câmara interna 1255 de um invólucro 1223. O invólucro 1223 desta quinta concretização compreende uma câmara interna 1255, e um fechamento (por exemplo, um primeiro membro de montagem 1279A na concretização ilustrada) fechando uma abertura, a extremidade superior 1226A de um membro de
10 invólucro superior 1226 para adicionalmente definir a câmara interna. Na concretização ilustrada na Fig. 14, um segmento inferior do guia de onda ultrassônica 1321 se estende totalmente dentro da câmara interna 1255, enquanto um segmento superior do guia de onda ultrassônica se estende para cima a partir do primeiro membro de montagem 1279A de forma axila para o exterior do invólucro 1223. Um dispositivo de excitação 1345 por
15 consequência é disposto exterior ao invólucro 1223. A corrente elétrica pode ser distribuída para o dispositivo de excitação 1345 pela fiação adequada (não apresentada) sem a necessidade da luva, do anel de contato e do anel guia, associados com o injetor de combustível 21 ilustrado nas Figs. 1 até 10. Entretanto, é entendido que tal luva, anel de contato e anel guia podem ser incorporados no dispositivo 1221 ilustrado na Fig. 14 sem
20 afastamento do escopo desta invenção. A concretização ilustrada na Fig. 14 é bem adequada para usos possuindo líquido que é muito quente para o dispositivo de excitação 1345. Não somente esta concretização realmente isola o dispositivo de excitação 1345 do líquido passando através da câmara interna 1255 do invólucro 1223, mas também permite que o ar de resfriamento seja fornecido para o dispositivo de excitação para manter o
25 dispositivo de excitação dentro de uma faixa aceitável.

Cada uma das concretizações expostas nas Figs. 13 d 14, em linhas gerais, também define as respectivas concretizações de um sistema ultrassônico de tratamento e distribuição de líquido, no qual um líquido é de forma ultrassônica tratado de modo a agitar ou misturar o líquido, e então, adicionalmente energizado de forma ultrassônica logo antes
30 de sair do sistema para gerar o borrifo do líquido a partir do sistema. Por exemplo, com referência à concretização da Fig. 12, o guia de onda ultrassônica 1121 em linhas gerais inclui um primeiro guia de onda ultrassônica (por exemplo, esta parte do guia de onda 1121 que inclui os membros de agitação 1124) e um segundo guia de onda ultrassônica (por exemplo, esta parte do guia de onda 1121 se estendendo abaixo do membro de agitação
35 mais inferior 1124 até a extremidade terminal do guia de onda) conectados ponta com ponta um com o outro.

De acordo com um processo para de forma ultrassônica tratar e distribuir um líquido

(por exemplo, combustível) a partir de tal sistema (por exemplo, onde o líquido é combustível, para distribuir o combustível para um motor de combustão interna na forma de um borrafo de gotículas de combustível), o líquido flui ao longo do caminho de fluxo do sistema a partir da entrada 1057 do invólucro 1023 até a saída, ou até a abertura de exaustão 1083. Assim, o líquido é direcionado para fluir ao longo do caminho do fluxo através do primeiro guia de onda ultrassônica (isto é, a parte do guia de onda 1121 que inclui pelo menos um, e na concretização ilustrada, vários membros de agitação 1124). O dispositivo de excitação 1145 excita o primeiro guia de onda ultrassônica e os membros de agitação 1124 agitam ou misturam o líquido à medida que ele flui ao longo do caminho do fluxo. Por exemplo, onde o líquido é combustível, o combustível é agitado pelos membros de agitação para inibir a separação de fase (e / ou para facilitar a homogeneização) dos componentes do combustível.

O líquido é adicionalmente direcionado ao longo do caminho do fluxo para fluir através do segundo guia de onda ultrassônica (isto é, a parte do guia de onda 1121 a partir do membro de agitação mais inferior 1124 até a extremidade terminal do guia de onda) em direção à abertura de exaustão 1083. O segundo guia de onda ultrassônica é excitado de forma ultrassônica, por exemplo, pelo dispositivo de excitação 1145, para de forma ultrassônica energizar o líquido logo antes do líquido sair do sistema (por exemplo, para atomizar ou reduzir o tamanho da gotícula e estreitar a distribuição de gotículas do líquido) através da abertura de exaustão 1083 para processamento adicional (por exemplo, onde o líquido é combustível, para a distribuição para um motor na forma de um borrafo de gotículas).

A Figura 15 ilustra outra concretização de um sistema ultrassônico de tratamento e de distribuição de líquido, geralmente indicado por 1501, no qual o primeiro e o segundo guias de onda ultrassônica 1503 e 121, respectivamente, são separados um do outro. Em particular, o sistema 1501 da Fig. 15 compreende um dispositivo de tratamento ultrassônico, geralmente indicado por 1521, e um dispositivo de distribuição ultrassônico separado, geralmente indicado por 21. O dispositivo ultrassônico de tratamento 1521 é substancialmente similar a este descrito no Pedido de Patente US co-designado 11/530.311, depositado em 8 de Setembro de 2006, cuja revelação em sua totalidade é incorporada neste documento por referência.

Em particular, o dispositivo de tratamento 1521 compreende um invólucro 1525 possuindo uma câmara interna 1527, uma entrada 1529 em comunicação fluida com a câmara interna para receber um ou mais líquidos e outros componentes para dentro da câmara, e uma saída 1531 em comunicação fluida com a câmara interna e através da qual o líquido sai do invólucro. Uma montagem de guia de onda ultrassônica, geralmente indicada por 1533, se estende longitudinalmente, pelo menos em parte, dentro da câmara interna

1527 para de forma ultrassônica energizar o líquido (e quaisquer outros componentes) fluindo através da câmara interna. Em particular, a montagem de guia de onda ultrassônica 1533 da concretização ilustrada se estende longitudinalmente a partir da extremidade inferior ou entrada 1529 da câmara 1527 para cima, em direção à extremidade de saída 1531 da câmara até uma extremidade terminal 1535 da montagem de guia de onda. De forma mais adequada, a montagem de guia de onda 1533 é montada diretamente ou indiretamente, junto ao invólucro 1525.

A montagem de guia de onda ultrassônica 1535 de forma adequada compreende um guia de onda ultrassônica 1503 (por exemplo, uma trompa ultrassônica, em linhas gerais, definindo o primeiro guia de onda ultrassônica) disposto totalmente com a câmara interna 1527 do invólucro 1525 para a completa submersão dentro do líquido sendo tratado dentro da câmara, e de forma mais adequada, ele está alinhado de forma coaxial com a parede lateral da câmara 1537. O guia de onda ultrassônica 1503 possui uma superfície externa que junto com a superfície interna da parede lateral 1537 define um caminho de fluxo dentro da câmara interna 1527 ao longo do qual o líquido e os outros componentes fluem passando pelo guia de onda dentro da câmara. A montagem de guia de onda 1535 da concretização ilustrada também compreende um intensificador 1539 alinhado e conectado em uma extremidade superior do mesmo com uma extremidade inferior do guia de onda 1503. Entretanto, é entendido que a montagem de guia de onda 1535 pode compreender somente o guia de onda 1503 e permanecer dentro do escopo desta invenção. Também é contemplado que o intensificador 1539 pode ser disposto totalmente exterior ao invólucro 1525, com o guia de onda 1503 montado no invólucro, sem afastamento do escopo desta invenção.

A montagem de guia de onda ultrassônica 1535, e mais particularmente, o intensificador 1539 na concretização ilustrada da Fig. 15, é de forma adequada montada no invólucro 1527 por um membro de montagem (não apresentado) que é configurado para de forma vibracional isolar a montagem de guia de onda (a qual vibra de forma ultrassônica durante a operação da mesma) a partir do invólucro do dispositivo ultrassônico de tratamento 1525. Ou seja, o membro de montagem inibe a transferência de vibração mecânica longitudinal e transversal da montagem de guia de onda 1535 para o invólucro 1525, enquanto mantendo a posição transversal desejada da montagem de guia de onda (e em particular, do guia de onda 1503) dentro da câmara interna 1527 e permitindo tanto o deslocamento longitudinal como o transversal do guia de onda dentro do invólucro.

Um sistema adequado de acionamento ultrassônico 1541 (apresentado esquematicamente na Fig. 15 e em linhas gerais definindo um dispositivo de excitação) incluindo pelo menos um excitador (não apresentado) e uma fonte de energia (não apresentada) é disposto exterior ao invólucro 1525 e operativamente conectado com o

intensificador 1539 (e mais em linhas gerais, com a montagem de guia de onda 1535) para energizar a montagem de guia de onda para mecanicamente vibrar de forma ultrassônica. Exemplos de sistemas adequados de acionamento ultrassônico 1541 incluem um sistema Model 20A3000, disponível a partir da Dukane Ultrasonics of St. Charles, Illinois, e um sistema Model 2000CS disponível a partir da Herrmann Ultrasonics of Schaumburg, Illinois. Em uma concretização, o sistema de acionamento 1539 é capaz de operar a montagem de guia de onda 1535 em uma frequência na faixa de cerca de 15 kHz até cerca de 100 kHz, de forma mais adequada na faixa de cerca de 15 Hz até cerca de 60 kHz, e ainda de forma mais adequada, na faixa de cerca de 20 kHz até cerca de 40 kHz. Tais sistemas de acionamento ultrassônico 1539 são bem conhecidos pelos versados na técnica, e não precisam ser adicionalmente descritos neste documento.

De forma adequada, pelo menos um ou mais dentre vários membros de agitação 1543 estão conectados com o guia de onda ultrassônica 1503 e se estendem, pelo menos em parte, transversalmente para o exterior a partir da superfície externa do guia de onda em relação longitudinalmente espaçada um com o outro. O tamanho, a construção, a configuração, a disposição e a operação do um ou mais membros de agitação 1543 de forma adequada estão de acordo com os membros de agitação 1124, 1324, descritos anteriormente e ilustrados nas Figs. 13 e 14, e no Pedido de Patente US anteriormente depositado 11/530.311.

O dispositivo ultrassônico de distribuição 21 ilustrado na Fig. 15 é substancialmente similar ao dispositivo de distribuição da Fig. 1, incluindo um invólucro 23 possuindo uma câmara interna 55, uma entrada 57, uma saída ou abertura de exaustão (não apresentada na Fig. 15 mas idêntica à abertura de exaustão 83 da Fig. 7), um guia de onda ultrassônica 121 (em linhas gerais, o segundo guia de onda ultrassônica), um membro de válvula 53 e um dispositivo de excitação 145. A entrada 57 para o invólucro do dispositivo ultrassônico de distribuição 23 está em comunicação fluida ou de fluxo com a saída 1531 do invólucro do dispositivo de tratamento 1525, tal como por um conduto adequado 1551, de modo que o líquido saindo do dispositivo de tratamento flui para dentro da câmara interna 55 do dispositivo ultrassônico de distribuição via a entrada do invólucro do dispositivo de distribuição.

Em outra concretização adequada, o dispositivo ultrassônico de distribuição pode, ao invés disso, ser um dispositivo de fluxo contínuo, tal como este ilustrado em qualquer uma das concretizações das Figs. 11 e 12.

Em operação, de acordo com um processo para de forma ultrassônica tratar e distribuir um líquido, tal como combustível, o líquido é direcionado para fluir para dentro do invólucro 1525 do dispositivo de tratamento ultrassônico 1521 e para adicionalmente fluir ao longo do caminho do fluxo no mesmo, através do guia de onda 1503 e dos membros de

agitação 1543. O sistema de acionamento 1541 de forma ultrassônica excita o guia de onda 1503 e os membros de agitação 1543 para desse modo agitar ou misturar o líquido. O líquido então flui para fora do dispositivo de tratamento 1521 via a saída 1531 do mesmo, e flui ao longo de um caminho de fluxo através do conduto 1551 até a entrada 57 do dispositivo de distribuição ultrassônico 21. Então, o líquido flui ao longo do caminho do fluxo dentro do invólucro do dispositivo de distribuição 23 através da extremidade terminal do guia de onda ultrassônica 121 dentro do invólucro.

O dispositivo de excitação 145 opera para de forma ultrassônica excitar o guia de onda 121 dentro do invólucro do dispositivo de distribuição 23 para de forma ultrassônica energizar o líquido logo antes do líquido sair do invólucro do dispositivo de distribuição. Por exemplo, onde o líquido é combustível, o combustível é energizado à medida que ele flui através da extremidade terminal do guia de onda 121 e para a abertura de exaustão para geralmente atomizar o combustível (por exemplo, para diminuir o tamanho da gotícula e estreitar a distribuição de tamanho da gotícula do combustível saindo do dispositivo). Na concretização ilustrada na Fig. 15, onde o dispositivo 21 inclui o membro de válvula 53, o dispositivo de excitação 145 é de forma adequada operável na posição aberta do membro de válvula para de forma ultrassônica excitar o guia de onda do dispositivo de distribuição 121.

É contemplado que um líquido diferente de combustível pode ser tratado e distribuído utilizando o sistema descrito acima, sem afastamento do escopo desta invenção. por exemplo, sem limitação, betume derretido, tintas viscosas, adesivos derretidos a quente, materiais termoplásticos que amaciam até uma forma de alta fluidez quando expostos ao calor e retornam para uma condição relativamente fixa ou endurecida ao serem resfriados (por exemplo, borracha crua, cera, poliolefinas e assim por diante), xaropes, óleos pesados, tintas, medicação líquida, emulsões, pastas semifluidas, suspensões, e combinações dos mesmos, podem ser tratados e distribuídos pelo sistema descrito acima.

Quando introduzindo os elementos da presente invenção ou as concretizações preferidas da mesma, os artigos “um”, “uma”, “o”, e “ditos” são pretendidos para significar que existem um ou mais dos elementos. Os termos “compreendendo”, “incluindo”, e “possuindo” são pretendidos para serem inclusivos e significar que podem existir elementos adicionais diferentes dos elementos listados.

À medida que várias alterações poderiam ser feitas nas construções e métodos acima, sem afastamento do escopo da invenção, é pretendido que todo o assunto contido na descrição acima e apresentado nos desenhos acompanhantes deva ser interpretado como ilustrativo e não em um sentido de limitação.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema ultrassônico de tratamento e de distribuição de líquido (1501),

CARACTERIZADO por compreender:

um dispositivo ultrassônico de tratamento (1521) compreendendo:

- 5 um invólucro (1525) possuindo uma câmara interna (1527) e uma entrada (1529) em comunicação fluida com a câmara interna (1527) do invólucro (1525), por meio do que o líquido entra na câmara interna (1527) e uma saída (1531) em comunicação fluida com a câmara interna (1527) do invólucro (1525) através da qual o líquido sai do dispositivo ultrassônico de tratamento (1521);
- 10 um guia de onda ultrassônica (1533) disposto, pelo menos em parte, dentro da câmara interna (1527) do invólucro (1525) para, de forma ultrassônica, energizar o líquido dentro da câmara interna (1527) antes do líquido ser exaurido a partir do invólucro (1525) através da saída (1531), o guia de onda ultrassônica (1533) possuindo um membro de agitação se estendendo para o exterior, a partir do guia de onda ultrassônica (1533) dentro
- 15 da câmara interna (1527) do invólucro (1525), intermediário à entrada (1529) e à saída (1531), o membro de agitação e o guia de onda ultrassônica (1533) sendo construídos e dispostos para movimento dinâmico do membro de agitação em relação ao guia de onda ultrassônica (1533), quando da vibração ultrassônica do guia de onda ultrassônica (1533); e
- um dispositivo de excitação (1145) operável para de forma ultrassônica excitar o
- 20 dito guia de onda ultrassônica (1533) e o membro de agitação; e
- um dispositivo ultrassônico de distribuição (21) em comunicação fluida com o dispositivo ultrassônico de tratamento (1521), para receber líquido a partir do dispositivo ultrassônico de tratamento (1521) seguindo ao tratamento do líquido pelo dito dispositivo de tratamento, o dispositivo ultrassônico de distribuição (21) compreendendo:
- 25 um invólucro (23) possuindo uma câmara interna (55), uma entrada (63) para receber líquido a partir do dispositivo de tratamento para dentro da câmara interna (55) do invólucro (23) do dispositivo de distribuição (21), e pelo menos uma abertura de exaustão em comunicação fluida com a câmara interna (55) do invólucro (23) do dispositivo de distribuição (21), por meio do que o líquido dentro da dita câmara interna (55) sai do
- 30 invólucro (23) do dispositivo de distribuição (21) na dita pelo menos uma abertura de exaustão;
- um guia de onda ultrassônica (121) separado do invólucro (23) do dispositivo de distribuição (21) e disposto, o dito guia de onda sendo disposto, pelo menos em parte, dentro da câmara interna (55) do invólucro (23) do dispositivo de distribuição (21) para de
- 35 forma ultrassônica energizar o líquido dentro da dita câmara interna (55) antes do dito líquido ser exaurido a partir de um dito invólucro (23) através da pelo menos uma abertura de exaustão; e

um dispositivo de excitação (145) operável para de forma ultrassônica excitar o dito guia de onda ultrassônica (121) do dito dispositivo de distribuição (21).

2. Sistema (1501), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo ultrassônico de distribuição adicionalmente compreende um membro de
5 válvula móvel em relação ao invólucro (23) entre uma posição fechada, na qual o líquido dentro da câmara interna (55) do dito dispositivo é inibido de exaustão a partir do invólucro (23) do dispositivo de distribuição (21) via a pelo menos uma abertura de exaustão, e uma posição aberta na qual o líquido pode ser exaurido a partir do invólucro (23) do dispositivo de distribuição (21) via a pelo menos uma abertura de exaustão, o dispositivo de excitação
10 (145) sendo operável na posição aberta do membro de válvula para de forma ultrassônica excitar o dito guia de onda ultrassônica (121) do dito dispositivo de distribuição (21).

3. Sistema (1501), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que vários membros de agitação se estendem para o exterior a partir do guia de onda ultrassônica (1533) do dispositivo de tratamento em relação longitudinalmente espaçada um
15 com o outro dentro da câmara interna (1527) do invólucro (1525) do dispositivo de tratamento.

4. Sistema (1501), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o membro de agitação e o guia de onda ultrassônica (1533) do dispositivo ultrassônico de tratamento (1521) são construídos e dispostos para amplificar o
20 deslocamento do membro de agitação em relação ao deslocamento do guia de onda ultrassônica (1533) do dito dispositivo de tratamento quando da vibração ultrassônica do dito guia de onda ultrassônica (1533).

5. Sistema (1501), de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o guia de onda ultrassônica (1533) do dispositivo de tratamento possui uma região
25 nodal e uma região antinodal, o membro de agitação se estendendo transversalmente para o exterior a partir do dito guia de onda ultrassônica (1533) na região antinodal.

6. Sistema (1501), de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o membro de agitação compreende um anel se estendendo de forma circunferencial ao redor do dito guia de onda ultrassônica (1533).

30 7. Sistema (1501), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o guia de onda ultrassônica (121) do dispositivo de distribuição ultrassônico (21) é geralmente tubular ao longo de pelo menos uma parte do mesmo, a dita parte tubular possuindo uma extremidade terminal disposta dentro da câmara interna (55) do invólucro (23) do dito dispositivo de distribuição (21).

35 8. Sistema (1501), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

um dispositivo ultrassônico de tratamento (1521) compreendendo:

um invólucro (1525) possuindo uma entrada (1529) para receber líquido para dentro do invólucro (1525), uma saída (1531) através da qual o líquido sai do invólucro (1525) do dispositivo de tratamento, e um caminho de fluxo interno em comunicação fluida com a entrada (1529) e com a saída (1531), para direcionar o fluxo de líquido dentro do invólucro (1525) a partir da dita entrada (1529) até a dita saída (1531);

um guia de onda ultrassônica (1533) separado do invólucro (1525), o dito guia de onda ultrassônica (1533) sendo alongado e disposto, pelo menos em parte, dentro do caminho de fluxo, para, de forma ultrassônica, energizar o líquido dentro do caminho de fluxo, o guia de onda ultrassônica (1533) possuindo um membro de agitação se estendendo para o exterior a partir do guia de onda ultrassônica (1533) dentro do caminho do fluxo, com o membro de agitação e o guia de onda ultrassônica (1533) sendo construídos e dispostos para movimento dinâmico do membro de agitação em relação ao guia de onda ultrassônica (1533) quando da vibração ultrassônica do guia de onda ultrassônica (1533); e

um dispositivo de excitação (1145) operável para, de forma ultrassônica, excitar o guia de onda ultrassônica (1533) e o membro de agitação; e

um dispositivo ultrassônico de distribuição em comunicação fluida com o dispositivo ultrassônico de tratamento (1521) para receber o líquido a partir do dispositivo ultrassônico de tratamento (1521) seguindo ao tratamento do líquido pelo dito dispositivo de tratamento, o dispositivo ultrassônico de distribuição compreendendo:

um invólucro (23) possuindo uma câmara interna (55), uma entrada (63) para receber líquido a partir do dispositivo de tratamento para dentro da câmara interna (55) do invólucro (23) do dispositivo de distribuição (21) e pelo menos uma abertura de exaustão em comunicação fluida com a câmara interna (55) do invólucro (23) do dispositivo de distribuição (21), por meio do que o líquido dentro da dita câmara interna (55) sai do invólucro (23) do dispositivo de distribuição (21) na dita pelo menos uma abertura de exaustão;

um guia de onda ultrassônica (121) separado do invólucro (23) do dispositivo de distribuição (21), o dito guia de onda sendo disposto pelo menos em parte dentro da câmara interna (1527) do invólucro (23) do dispositivo de distribuição (21) para de forma ultrassônica energizar o líquido dentro da câmara interna (55) antes do dito líquido ser exaurido a partir do dito invólucro (23), através da pelo menos uma abertura de exaustão; e

um dispositivo de excitação (145) operável para de forma ultrassônica excitar o dito guia de onda ultrassônica (121) do dito dispositivo de distribuição (21).

9. Processo para de forma ultrassônica tratar um líquido e distribuir o líquido no sistema conforme definido na reivindicação 1, como um borrfio de gotículas de líquido, o dito processo **CARACTERIZADO** por compreender:

direcionar o líquido para fluir ao longo de um caminho de fluxo através de um

primeiro guia de onda ultrassônica (1533), o dito primeiro guia de onda ultrassônica (1533) possuindo pelo menos um membro de agitação se estendendo para o exterior a partir do mesmo, e para dentro do caminho de fluxo para contato com o líquido fluindo ao longo do dito caminho de fluxo;

5 de forma ultrassônica excitar o primeiro guia de onda ultrassônica (1533) e o dito membro de agitação para agita o líquido à medida que o líquido flui através do guia de onda ultrassônica (1533) e do membro de agitação;

adicionalmente direcionar o líquido para fluir ao longo do dito caminho de fluxo através de um segundo guia de onda, o dito segundo guia de onda possuindo uma
10 extremidade terminal adjacente a uma saída (1531) do dito caminho de fluxo, de modo que o líquido fluindo ao longo do dito caminho do fluxo flua através da extremidade terminal do segundo guia de onda antes do líquido sair do caminho de fluxo;

de forma ultrassônica excitar o segundo guia de onda ultrassônica (121) pelo menos na dita extremidade terminal para de forma ultrassônica energizar o líquido logo
15 antes do líquido sair do caminho do fluxo, de modo que o líquido saia do caminho de fluxo como um borrito de gotículas de líquido.

10. Processo, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro e o segundo guias de onda ultrassônica são dispostos dentro de um invólucro (23) comum possuindo uma câmara interna (1527) incluindo uma entrada (1529), uma saída
20 (1531) e um caminho de fluxo se estendendo a partir da dita entrada (1529) até a dita saída (1531), de modo que a dita saída (1531) define a saída (1531) do caminho de fluxo, a extremidade terminal do dito segundo guia de onda ultrassônica (121) sendo disposta mais próxima da dita saída (27) do que do dito pelo menos um membro de agitação se estendendo para o exterior a partir do primeiro guia de onda ultrassônica (1533).

25 11. Processo, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de direcionar o líquido para fluir ao longo de um caminho de fluxo através de um primeiro guia de onda ultrassônica (1533) compreende direcionar o líquido para fluir ao longo d caminho de fluxo através de um primeiro guia de onda ultrassônica (1533) possuindo vários membros de agitação se estendendo para o exterior a partir do mesmo,
30 em relação espaçada ao longo do caminho de fluxo para contato com o líquido fluindo ao longo do dito caminho de fluxo.

12. Processo, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro guia de onda ultrassônica (1533) é disposto dentro de um primeiro invólucro (1525) possuindo uma câmara interna (1527), uma entrada (1529) para a dita câmara e uma
35 saída (1531) a partir da dita câmara, a dita câmara interna (1527) definindo uma parte do dito caminho de fluxo a partir da dita entrada (1529) até a dita saída (1531), e o segundo guia de onda ultrassônica (121) é disposto dentro do segundo invólucro (23) separado do

primeiro invólucro (23) e possuindo uma câmara interna (55), uma entrada (63) em comunicação fluida com a saída do primeiro invólucro (23), e uma saída (1531), a câmara interna (55) do segundo invólucro (23) adicionalmente definindo o dito caminho de fluxo de modo que a saída do dito segundo invólucro (23) define a saída do caminho do fluxo, a

5 etapa de adicionalmente direcionar o líquido para fluir ao longo do dito caminho de fluxo através de um segundo guia de onda compreendendo direcionar o líquido saindo da saída do primeiro invólucro (1525) para a entrada (63) do segundo invólucro (23), para fluir através da câmara interna (55) do dito segundo invólucro (23).

FIG. 1

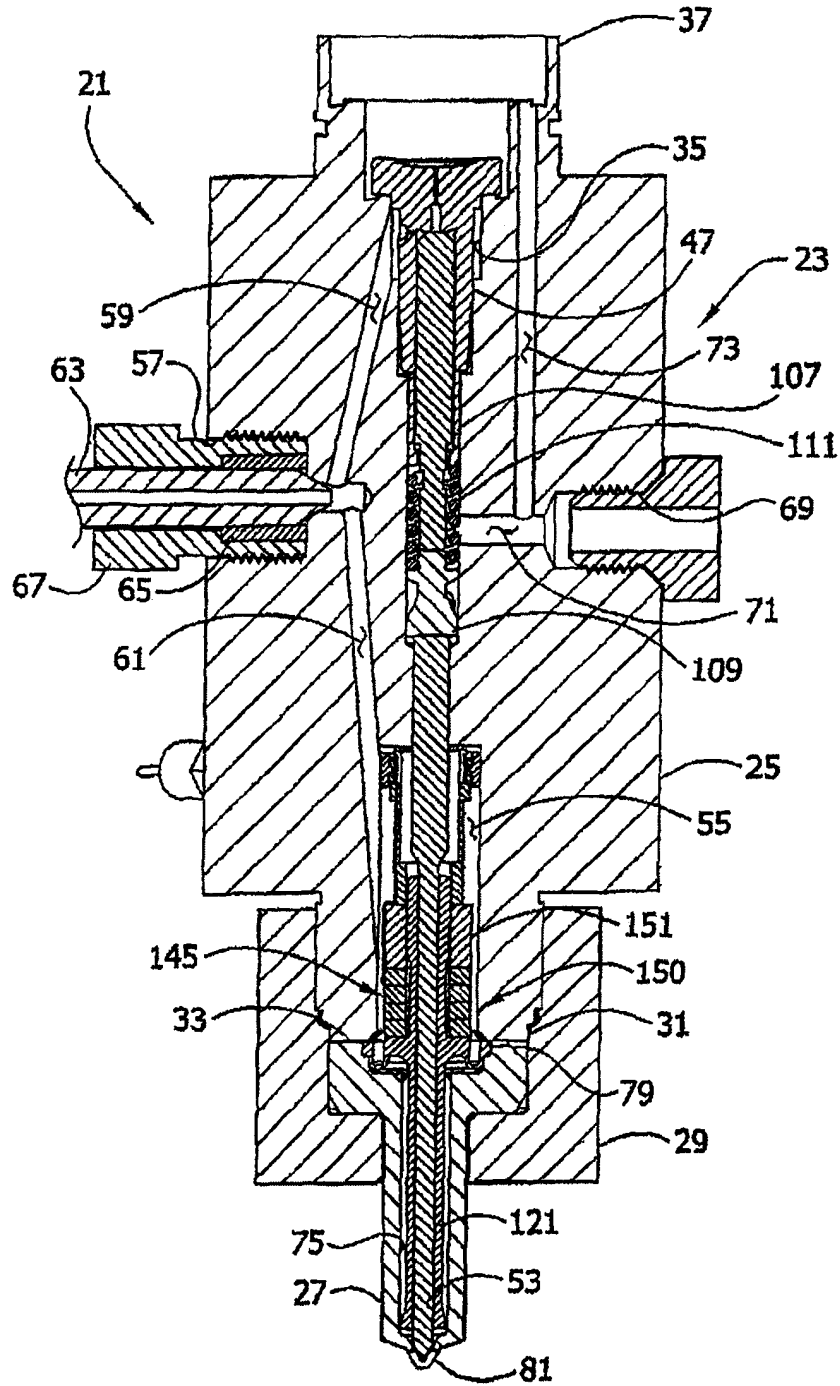


FIG. 2

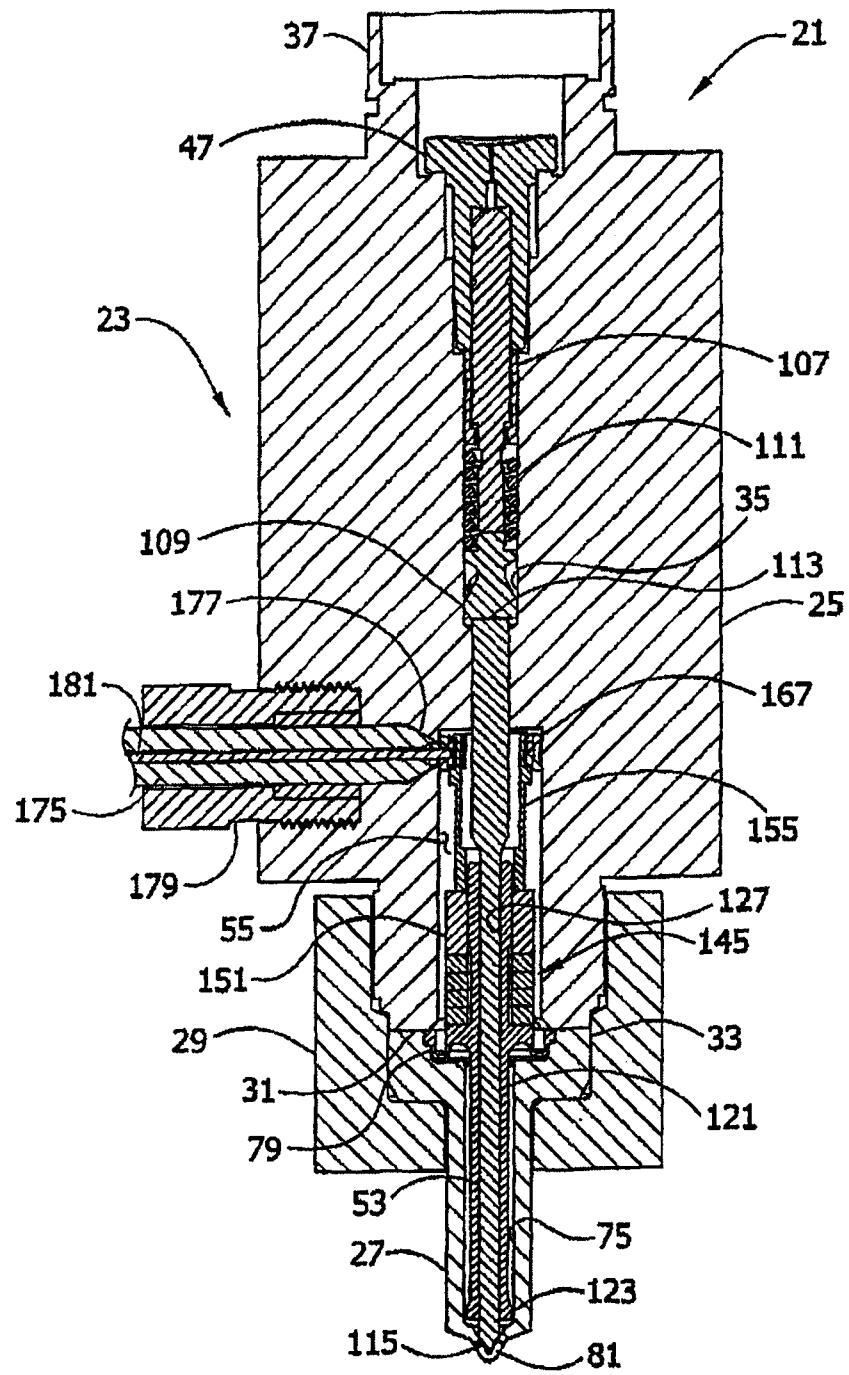


FIG. 3

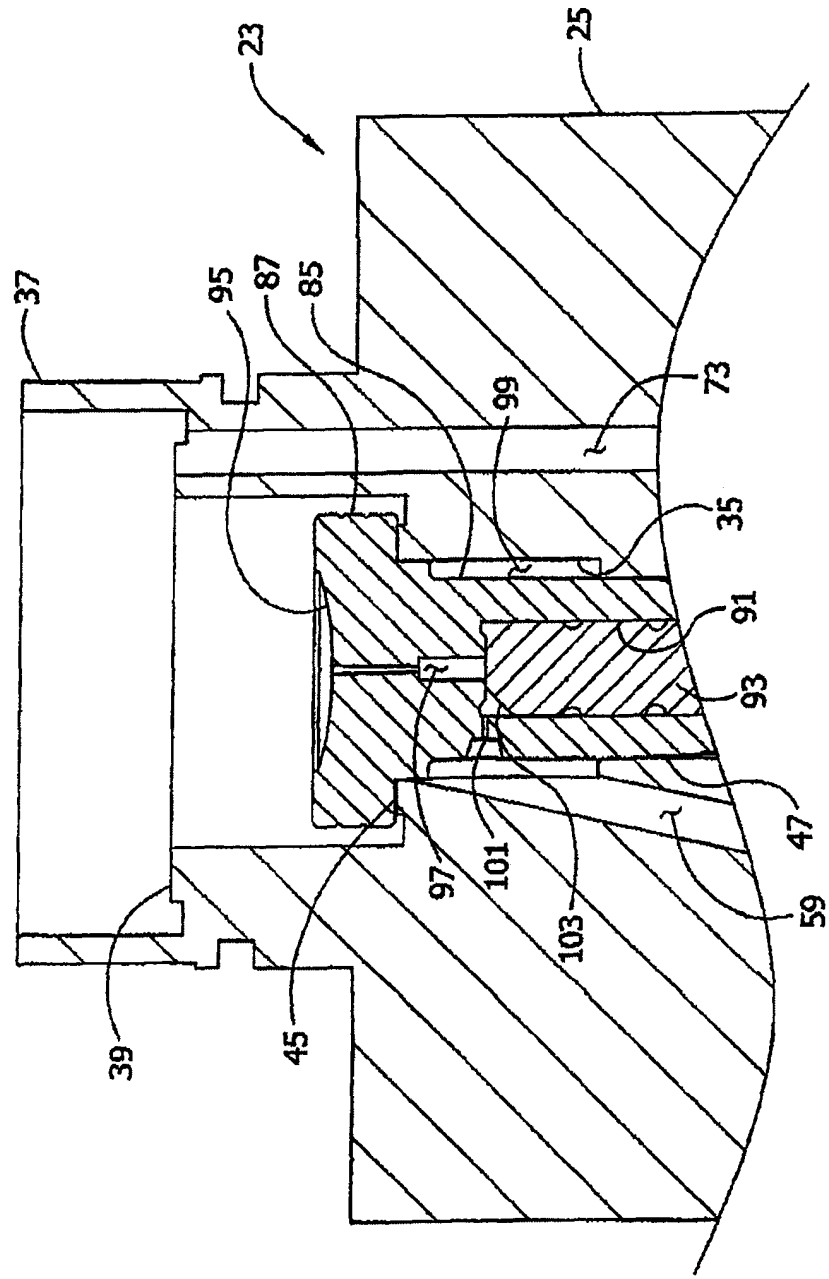
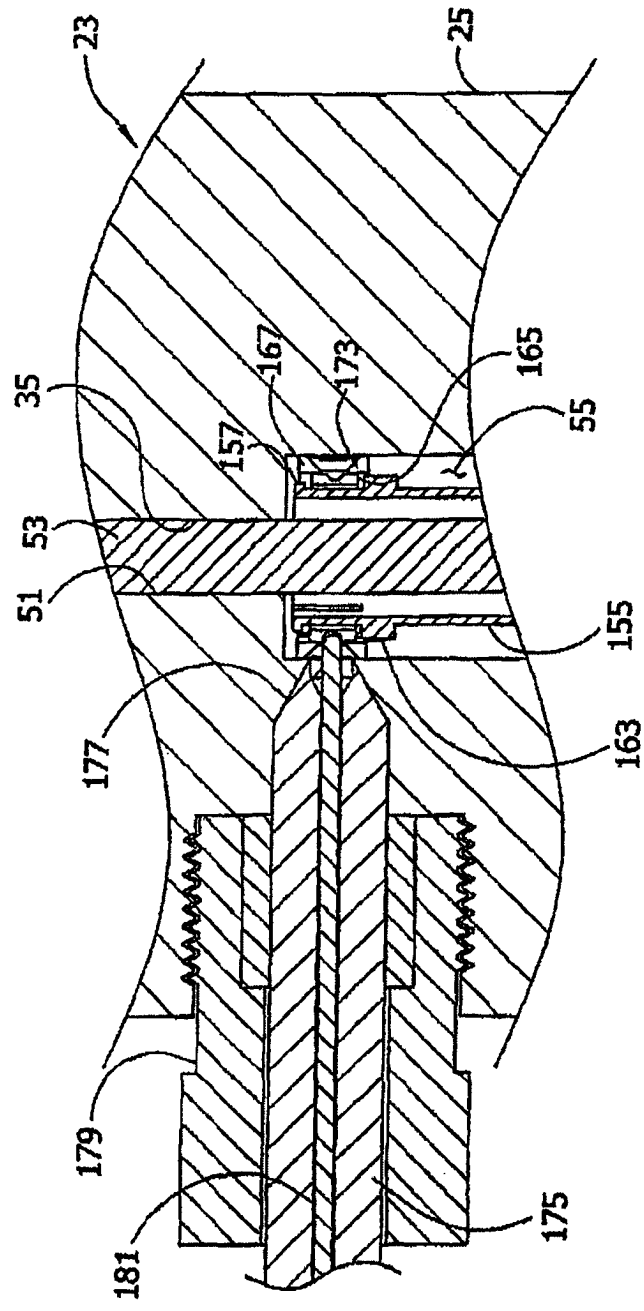


FIG. 5



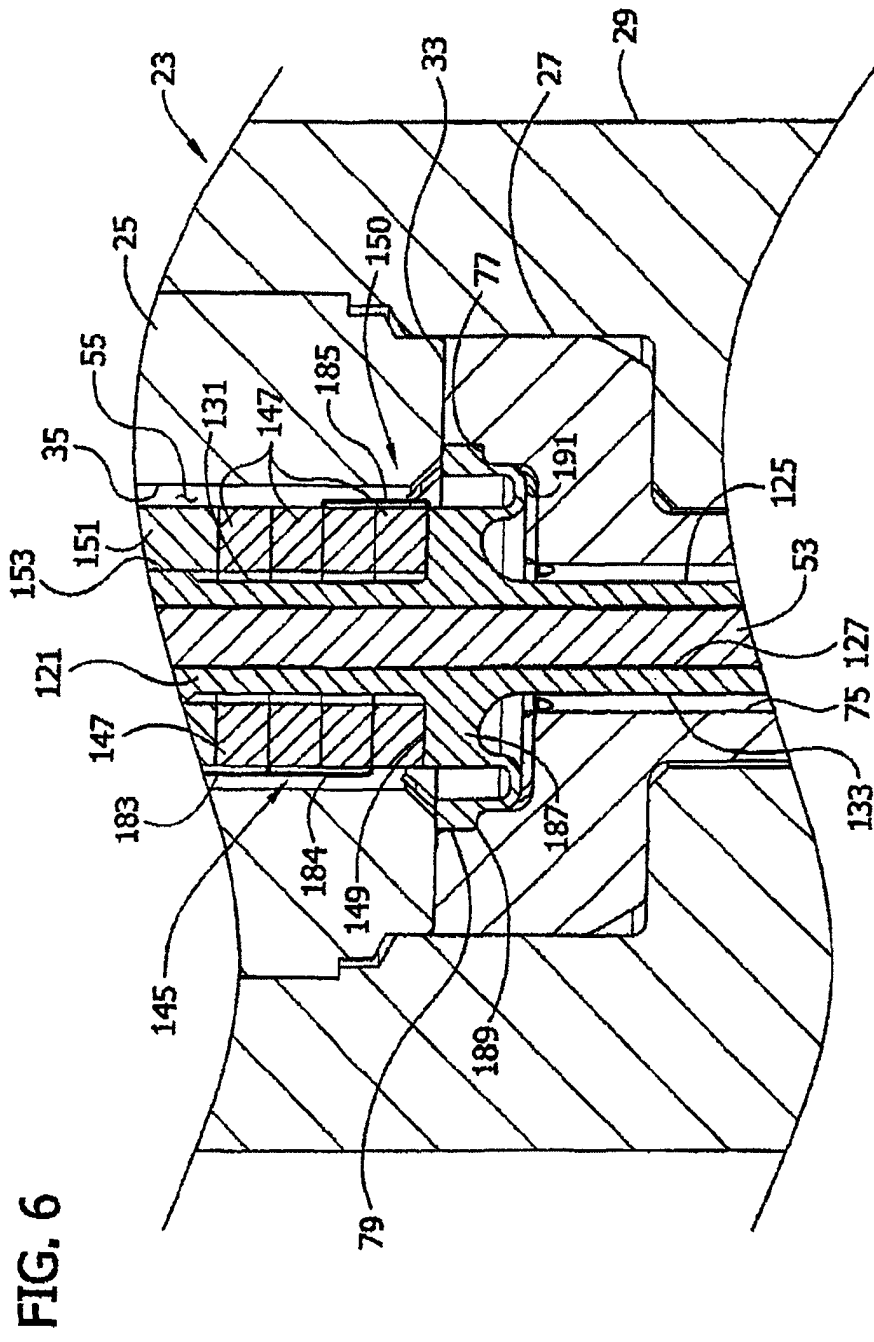


FIG. 6A

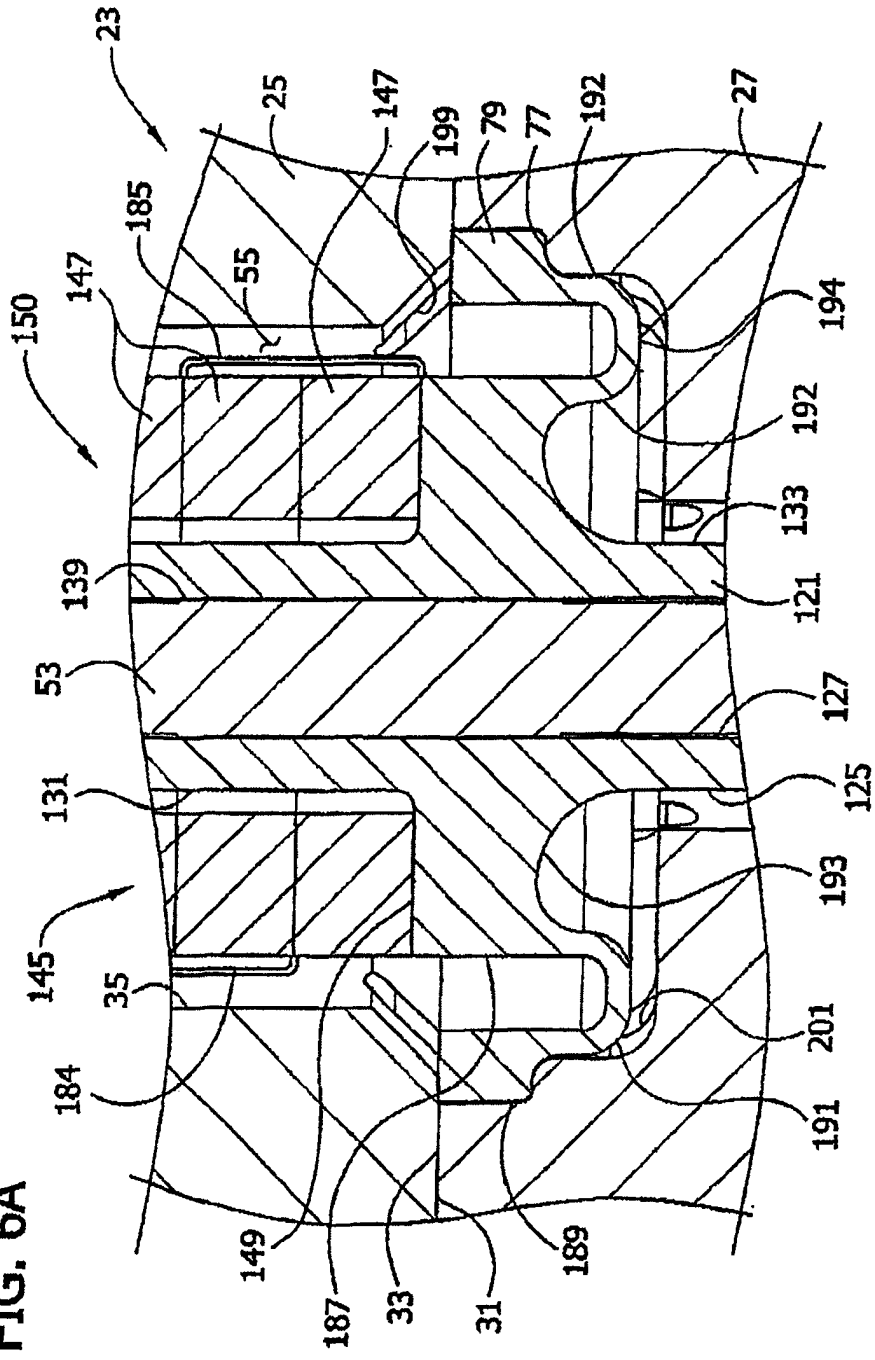


FIG. 7

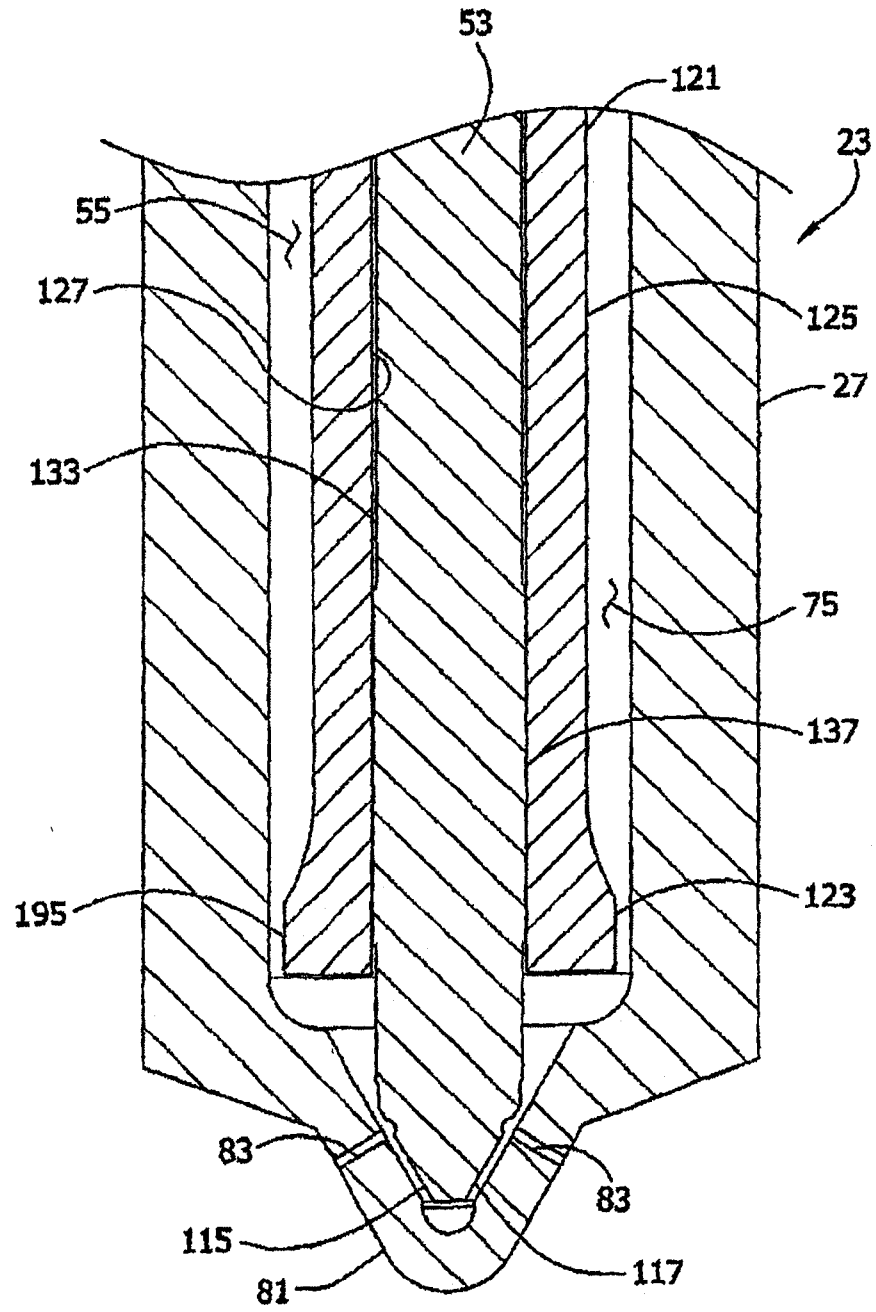


FIG. 8

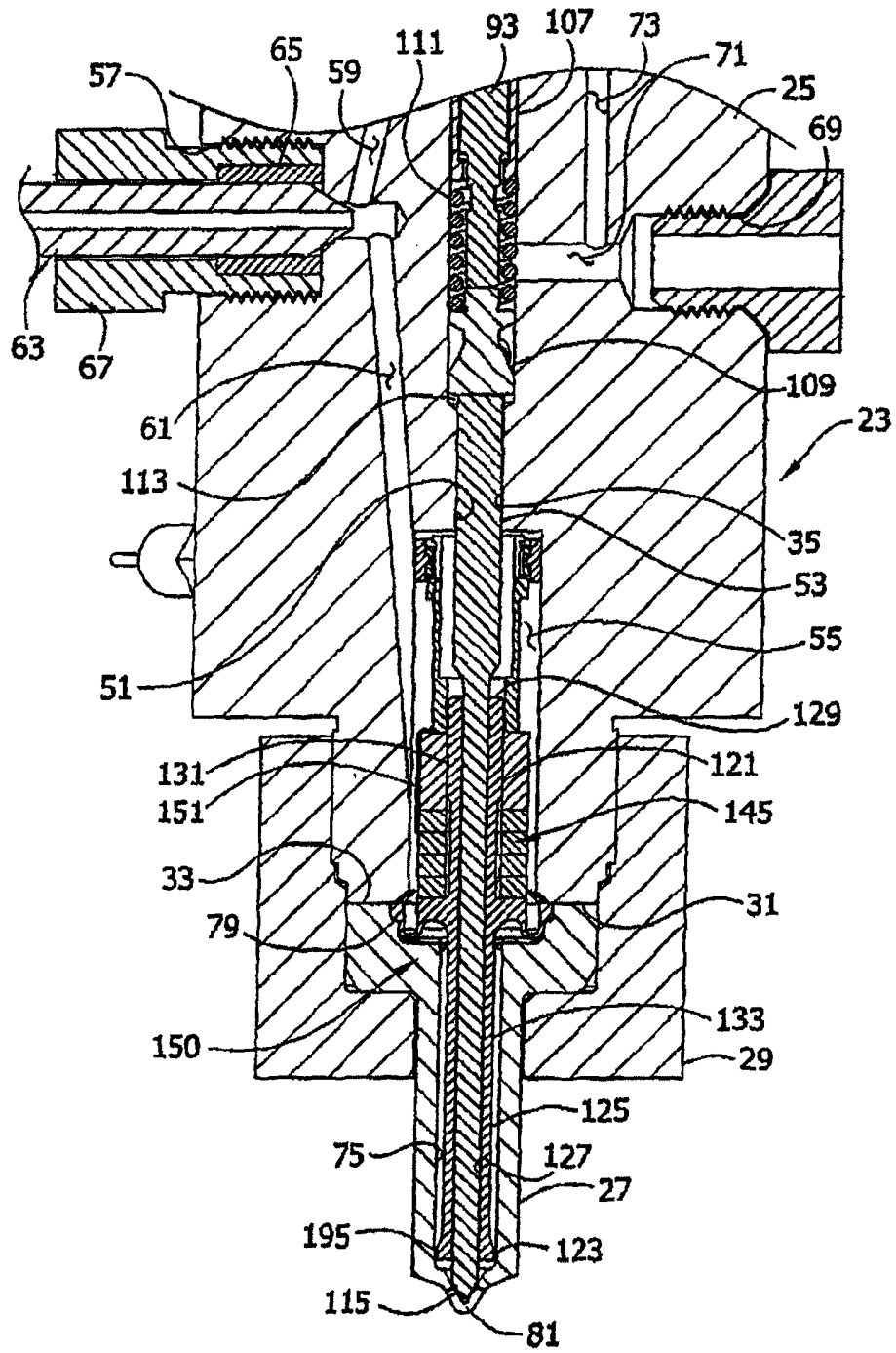


FIG. 9

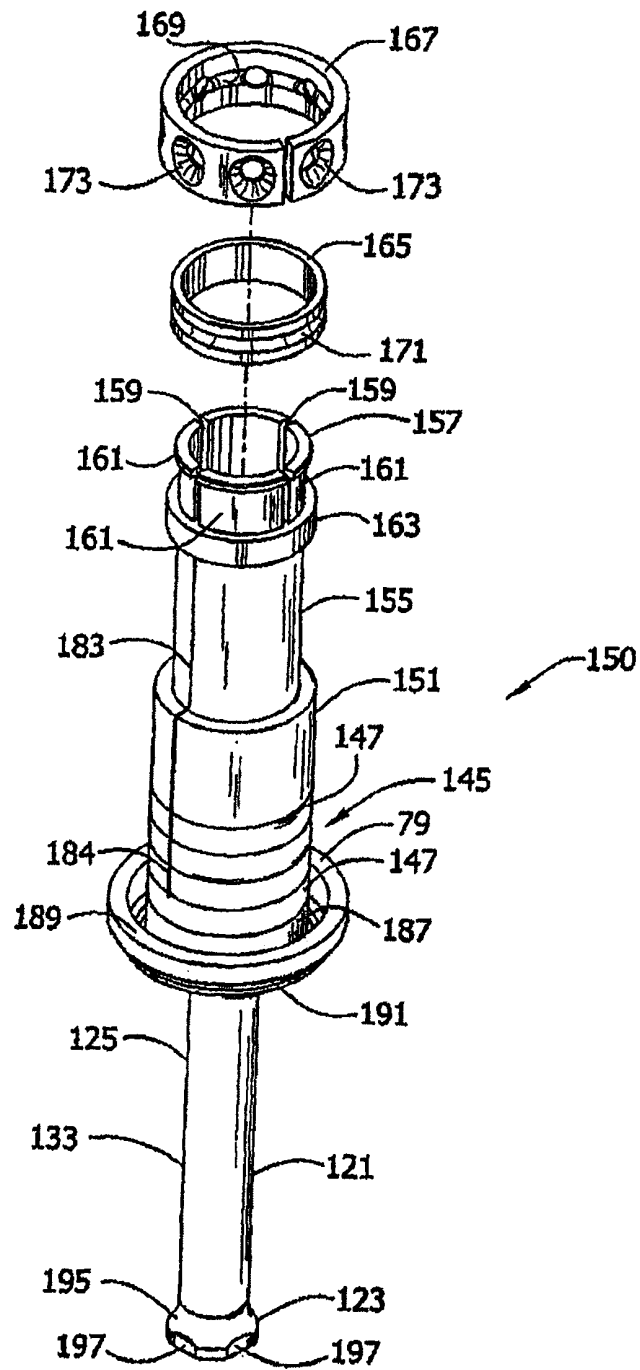


FIG. 10

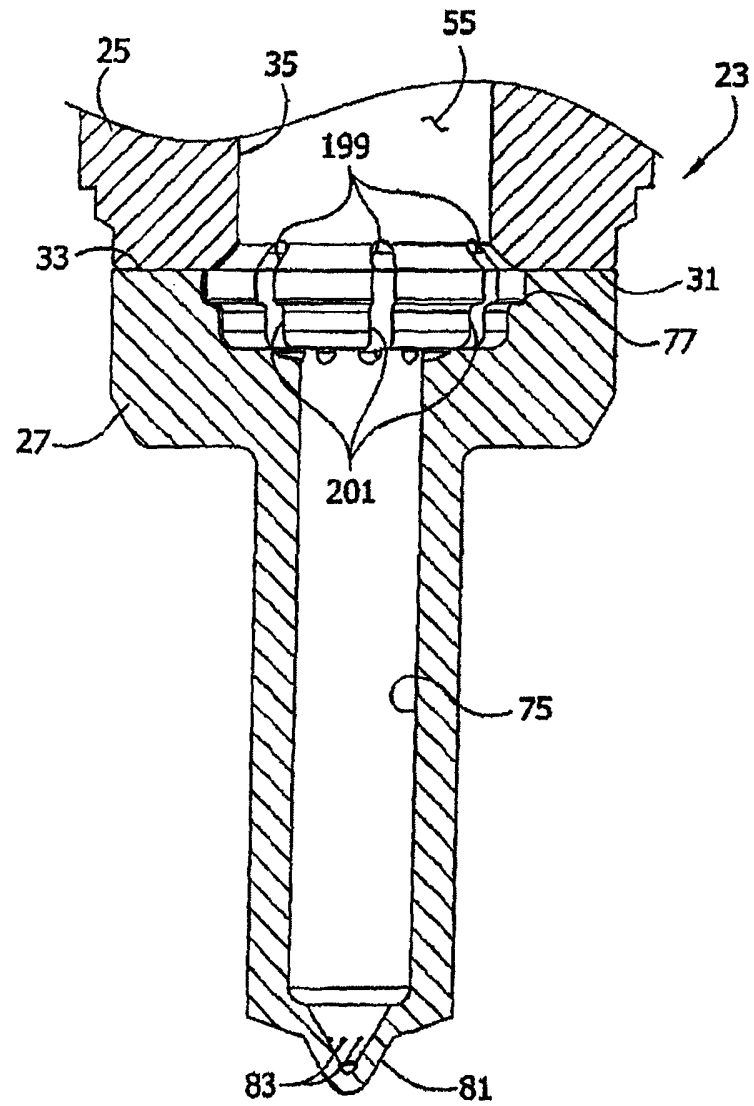


FIG. 12

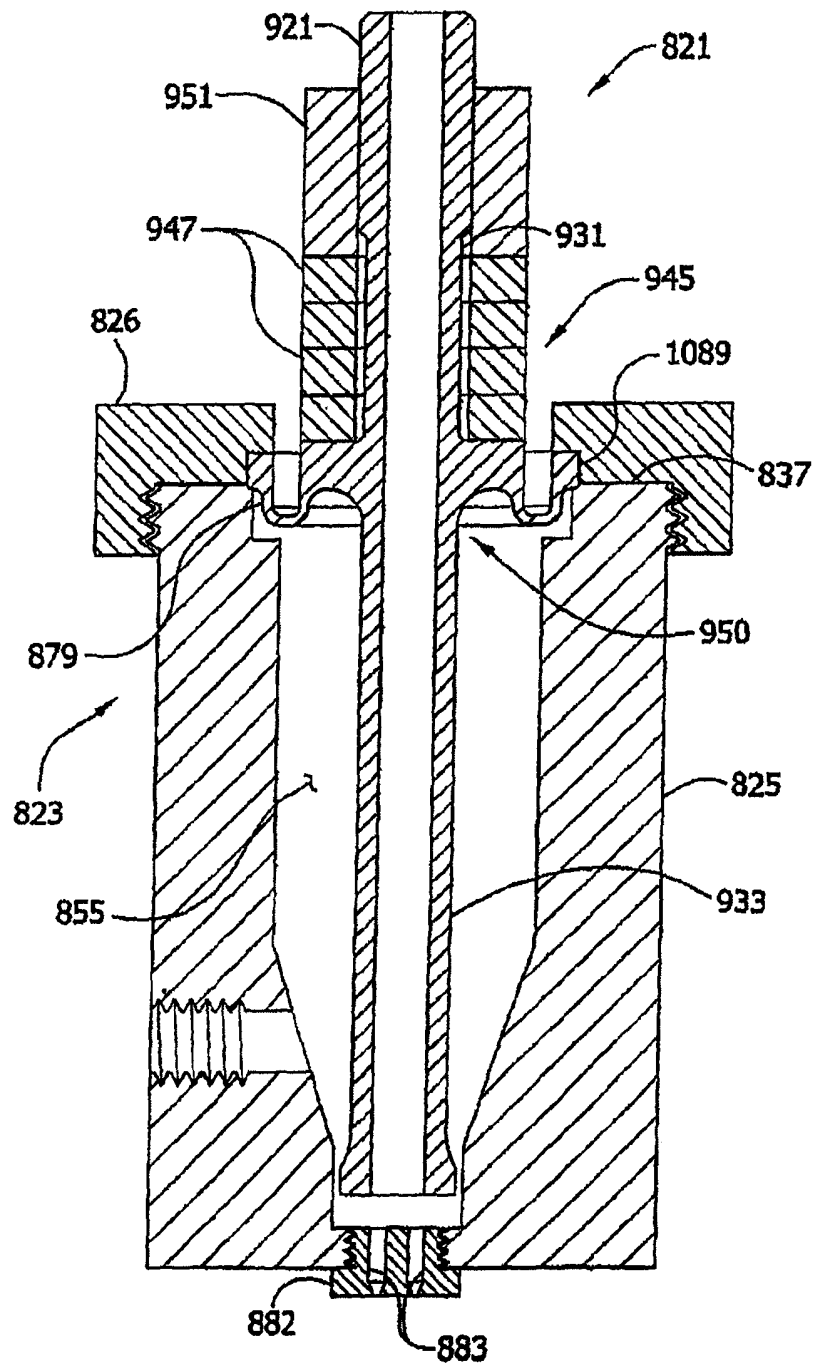


FIG. 13

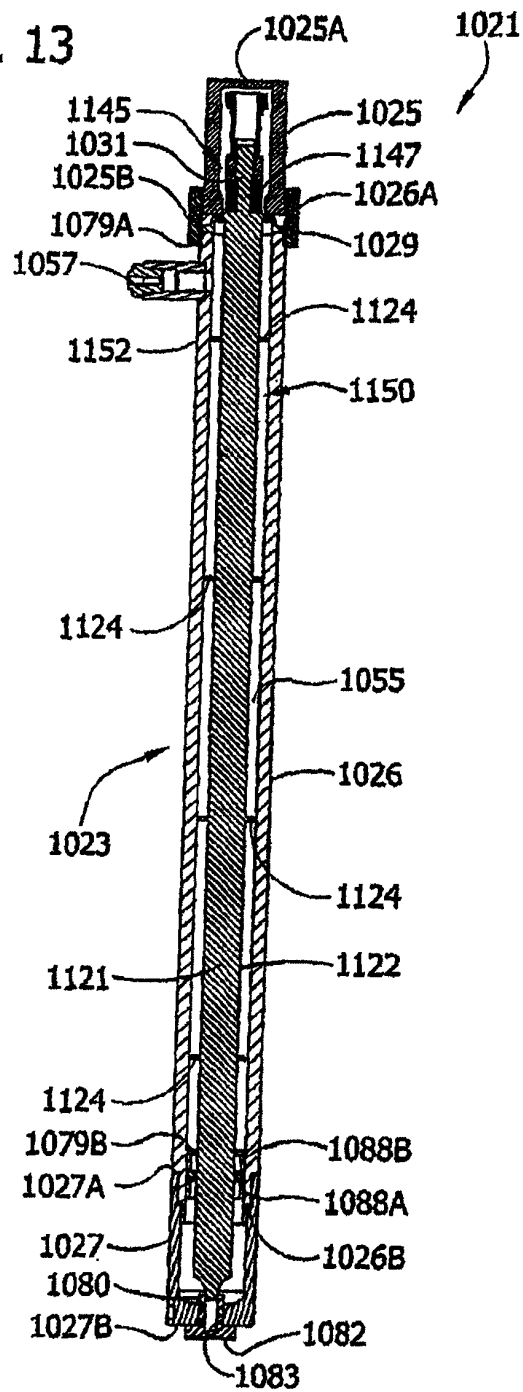


FIG. 14

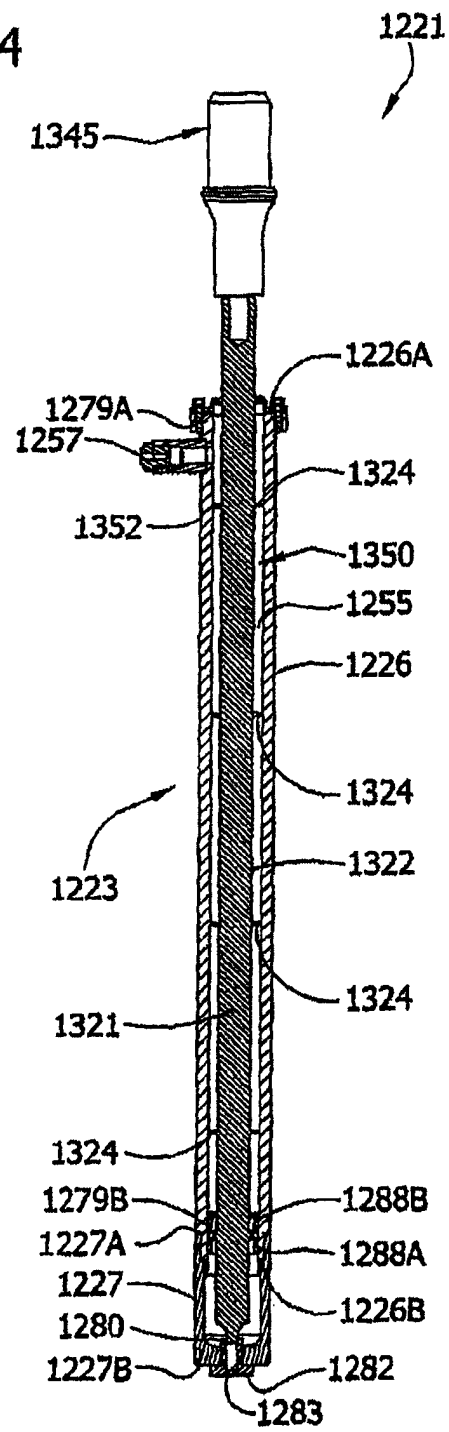


FIG. 15

