



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 0813028-0 A2



(22) Data do Depósito: 18/07/2008

(43) Data da Publicação Nacional: 26/05/2020

(54) **Título:** "DISPOSITIVO ULTRASSÔNICO PARA LIBERAÇÃO DE LÍQUIDO E MÉTODO DE OPERAÇÃO DO MESMO"

(51) **Int. Cl.:** G05D 7/00; B01F 3/08.

(30) **Prioridade Unionista:** 20/07/2007 US 11/780,901.

(71) **Depositante(es):** KIMBERLY-CLARK WORLDWIDE, INC..

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

(86) **Pedido PCT:** PCT IB2008052906 de 18/07/2008

(87) **Publicação PCT:** WO 2009/013689 de 29/01/2009

(85) **Data da Fase Nacional:** 20/01/2010

(57) **Resumo:** DISPOSITIVO ULTRASSÔNICO PARA LIBERAÇÃO DE LÍQUIDO E MÉTODO DE OPERAÇÃO DO MESMO É apresentado um dispositivo ultrassônico para liberação de líquido incluindo uma câmara interna e pelo menos uma passagem de exaustão que se comunica com a câmara interna. Uma guia de ondas ultrassônica na câmara interna energiza ultrassonicamente o líquido dentro da câmara antes que o líquido seja retirado através da passagem de exaustão. A guia de ondas inclui um elemento de válvula móvel em relação ao recipiente entre uma posição aberta e uma posição fechada da passagem de exaustão. Um dispositivo de excitação é operável na posição aberta do elemento de válvula para excitar de maneira ultrassônica a guia de ondas, para atomizar o líquido que sai pela passagem de exaustão.

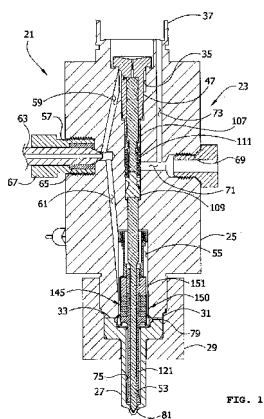


FIG. 1

DISPOSITIVO ULTRASSÔNICO PARA LIBERAÇÃO DE LÍQUIDO E MÉTODO DE OPERAÇÃO DO MESMO

Campo da Invenção

5

Esta invenção normalmente se relaciona com dispositivos de liberação de líquido, para liberar um spray atomizado de líquido e, mais particularmente, a um dispositivo ultrassônico de liberação de líquido em que a energia ultrassônica é aplicada ao líquido pelo dispositivo antes do líquido sair do dispositivo.

Estado da Técnica

15

Os dispositivos ultrassônicos de liberação de líquido são usados em diversos campos para energizar o líquido de modo a atomizá-lo e conseguir uma nevoa ou spray mais fino do líquido. Por exemplo, esses dispositivos são usados como nebulizadores e outros dispositivos de liberação de medicamentos, equipamentos de moldagem, umidificadores, sistemas de injeção de combustível para motores, sistemas de pulverização para pintura, sistemas de liberação de tinta, sistemas de mistura, sistemas de homogeneização, e assim por diante. Tipicamente, tais dispositivos de liberação consistem em uma carcaça com um caminho de fluxo através do qual os fluxos líquidos em estado pressurizado a pelo menos um, e algumas vezes, a diversos orifícios de exaustão ou da carcaça. O líquido pressurizado é forçado a sair da carcaça na(s) passagem(ns) de exaustão. Em algumas construções, o dispositivo pode incluir um elemento de válvula para controlar o fluxo de líquido a partir do dispositivo.

25

30

Em alguns dispositivos ultrassônicos convencionais de liberação de líquidos, um elemento de

excitação ultrassônica é normalmente incorporado ao dispositivo e, mais particularmente, forma a parte da carcaça que define a(s) porta(s) de exaustão. O elemento de excitação é vibrado por ultrassom à medida que o líquido sai pela(s) porta(s) de exaustão para transmitir energia ultrassônica para o líquido que está saindo. A energia ultrassônica tende a atomizar o líquido de modo que um spray de gotículas de líquido é liberado pela(s) porta(s) de exaustão. Como exemplo, a patente US5.330,100 (Malinowski) divulga um sistema de injeção de combustível em que o bocal (por exemplo, parte da carcaça) do injetor de combustível é em si construído para vibrar por ultrassom de modo que a energia ultrassônica seja transmitida para o combustível à medida que o combustível flui através de um orifício de saída do injetor. Neste tipo de configuração, existe o risco de que a vibração do próprio bocal resultar em erosão por cavitação (por exemplo, devido à cavitação do combustível dentro do orifício de saída) do bocal no orifício de saída.

Em outros dispositivos ultrassônicos de liberação de líquido, o elemento de excitação ultrassônica pode ser disposto no caminho do fluxo através do qual o líquido flui dentro da carcaça antes da(s) porta(s) de exaustão. Exemplos de tal dispositivo são divulgados nas patentes relacionadas US5.803.106 (Cohen et al.), US5.868.153 (Cohen et al.), US6.053.424 (Gipson et al.) e US6.380,264 (Jameson et al.), cada uma delas sendo incorporada aqui por referência. Geralmente, essas referências mostram um dispositivo para aumentar a vazão de um líquido pressurizado através de um orifício mediante a aplicação de energia ultrassônica ao líquido pressurizado. Em particular, o líquido pressurizado liberado na câmara de uma carcaça que possui uma ponta estampada que inclui um orifício de saída

(ou orifícios de saída) através do(s) qual(is) o líquido pressurizado sai da câmara.

Uma corneta ultrassônica se estende longitudinalmente, parte dentro da câmara e parte no exterior da câmara e tem um diâmetro que diminui em direção a uma extremidade disposta adjacente ao orifício de saída, para amplificar a vibração ultrassônica da corneta ultrassônica em sua extremidade. Um transdutor é conectado à extremidade externa da corneta, para fazê-la vibrar ultrassonicamente. Uma desvantagem em potencial de tal dispositivo é que a exposição dos vários componentes a um ambiente de alta pressão transmite tensão substancial para os componentes. Em especial, porque parte da corneta ultrassônica está imersa na câmara e outra parte não, há um diferencial de pressão substancial transmitido aos diferentes segmentos da corneta, resultando em tensão adicional sobre a corneta. Além disso, esses dispositivos não podem acomodar facilmente um elemento de válvula de operação, que é comum em alguns aparelhos ultrassônicos de liberação de líquido para controlar a liberação de líquido pelo dispositivo.

Ainda em outros dispositivos de liberação de líquidos e em particular aqueles que incluem um elemento de válvula de operação para controlar o fluxo de líquido do dispositivo, se sabe que excita o próprio elemento de válvula à medida que o líquido sai do dispositivo. Por exemplo, a patente US6.543.700 (Jameson et al.), cuja divulgação está aqui incorporada por referência, mostra um injetor de combustível em que uma agulha de válvula de injetor é formada ao menos em parte por material magnetostriativo sensível a campos magnéticos que se alteram conforme as frequências ultrassônicas. Quando a agulha válvula é posicionada para permitir que o combustível seja retirado do corpo da válvula

(ou seja, da carcaça), um campo magnético que se altera conforme é aplicado a frequências ultrassônicas à parte magnetostriativa da agulha da válvula. Assim, a agulha da válvula é excitada por ultrassom para transmitir energia ultrassônica para o combustível que sai do injetor através dos orifícios de saída.

Sumário da Invenção

10 Em uma realização, um dispositivo de liberação ultrassônica de líquidos da presente invenção consiste em uma carcaça tendo uma câmara interna e pelo menos uma porta de exaustão em comunicação fluídica com a câmara interna da carcaça em que o líquido dentro da câmara sai da
15 carcaça por pelo menos uma porta de exaustão. Uma guia de ondas ultrassônicas, separada da carcaça está disposta, pelo menos em parte, dentro da câmara interna da carcaça para energizar por ultrassom o líquido dentro da câmara interna antes de o líquido ser retirado da carcaça pela porta de
20 exaustão por pelo menos uma porta de exaustão. As guias de onda consistem em um elemento de válvula móvel em relação à carcaça entre uma posição fechada em que líquido dentro da câmara interna é impedido de sair da carcaça através de pelo menos uma porta de exaustão e uma posição aberta na qual o
25 líquido é forçado a sair da carcaça através de ao menos uma porta de exaustão. Um dispositivo de excitação é operável na posição aberta do elemento de válvula para excitar por meio de ultrassom a dita guia de ondas ultrassônica.

30 Essa invenção é também destinada a ser um método de operação de um dispositivo de liberação de líquidos por ultrassom do tipo que consiste em uma carcaça com uma câmara interna e pelo menos uma porta de exaustão e uma guia de ondas ultrassônicas dispostas, ao menos em parte, dentro

da câmara interna da carcaça. As guias de onda consistem em um elemento de válvula móvel em relação à carcaça entre uma posição fechada em que o líquido dentro da câmara interna é impedido de sair da carcaça através de pelo menos uma porta de exaustão e uma posição aberta na qual o líquido é forçado a sair da carcaça através de ao menos uma porta de exaustão. O método consiste em um fluxo de líquido dentro da câmara interna da carcaça para o contato com as guias de onda, antes da saída do líquido da carcaça, através da porta de exaustão por meio de ao menos uma porta de exaustão e fornecendo um sinal de acionamento para um dispositivo montado ao menos em parte dentro da dita carcaça para excitação ultrassônica e atuação da guia de ondas. O sinal de acionamento consiste em um componente do sinal ultrassônico de excitação e um componente de sinal de acionamento de uma válvula. O dispositivo é sensível ao componente de sinal de acionamento da válvula para mover a guia de ondas, de modo a abrir ou fechar o elemento de válvula, ou para abrir e fechar o elemento de válvula. O dispositivo é sensível ao sinal de excitação ultrassônica para excitar ultrassonicamente a guia de ondas, de modo a atomizar o líquido retirado através de pelo menos uma porta de exaustão quando o elemento de válvula estiver na posição aberta.

25

Breve Descrição das Figuras

A Fig. 1 é um corte longitudinal de uma realização de um dispositivo de liberação ultrassônica de líquidos da presente invenção, ilustrada na forma de um injetor de combustível para liberar combustível para um motor de combustão interna.

30

A Fig. 2 é um corte longitudinal do injetor de combustível da Fig. 1 tomada de uma posição angular diferente da que foi tomada a seção transversal da Fig. 1.

5

A Fig. 3 é uma visão ampliada de uma primeira parte da seção transversal da Fig. 1. 1.

10 A Fig. 4 é uma visão ampliada de uma segunda parte da seção transversal da Fig. 1.

A Fig. 5 é uma visão ampliada de uma terceira parte da seção transversal da Fig. 2.

15 A Fig. 6 é uma visão ampliada de uma quarta parte da seção transversal da Fig. 1.

A Fig. 6a é uma visão ampliada de uma parte central da seção transversal da Fig. 1.

20

A Fig. 7 é uma visão ampliada de uma quinta parte da seção transversal da Fig. 1.

25 A Fig. 8 é uma visão fragmentada e ampliada da seção transversal da Fig. 1.

A Fig. 9 é uma vista em perspectiva de uma guia de ondas e outros componentes internos do injetor de combustível de Fig. 1.

30

A Fig. 10 é uma seção transversal fragmentada de uma porção de uma carcaça de injeção de combustível do injetor de combustível da Fig. 1, com componentes internos do

injetor de combustível omitidos para mostrar a construção da carcaça.

5 A Fig. 11 é um corte longitudinal de um dispositivo de liberação ultrassônica de líquidos, conforme uma segunda realização da presente invenção.

10 A Fig. 12 é um corte longitudinal de um dispositivo de liberação ultrassônica de líquidos, conforme uma terceira realização da presente invenção.

15 A Fig. 13 é um corte longitudinal de um dispositivo de liberação ultrassônica de líquidos, conforme uma quarta realização da presente invenção.

20 A Fig. 14 é uma porção ampliada da Fig. 13 mostrando detalhes da quarta realização, incluindo um elemento de montagem de uma guia de ondas que isola as ondas de uma carcaça do dispositivo de liberação de líquidos.

A Fig. 15 é uma visão semelhante à Fig. 14, mas mostrando canais na carcaça para o fluxo de líquido após o elemento da montagem.

25 A Fig. 16 é uma perspectiva explodida de diversas partes da quarta realização.

30 A Fig. 17 é um corte longitudinal de um dispositivo de liberação ultrassônica de líquidos, conforme uma quinta realização da presente invenção.

A Fig. 18 é um exemplo de gráfico de um sinal de acionamento de um sistema de controle para o funcionamento do dispositivo de liberação de líquidos da Fig. 17.

A Fig. 19 é um corte longitudinal de um dispositivo de liberação ultrassônica de líquidos, conforme uma sexta realização da presente invenção.

5 A Fig. 20 é um corte longitudinal de um dispositivo de liberação ultrassônica de líquidos, conforme uma sétima realização da presente invenção.

10 A Fig. 21 é um exemplo de gráfico de um sinal de acionamento de um sistema de controle para o funcionamento do dispositivo de liberação de líquidos da Fig. 20,

Os caracteres de referência correspondentes indicam as partes correspondentes ao longo das figuras.

15

DESCRIÇÃO DETALHADA

Agora, com referência aos desenhos e em especial à Fig. 1, um dispositivo ultrassônico de liberação de líquidos, conforme uma realização da presente invenção, é ilustrado na forma de um injetor ultrassônico de combustível para uso em um motor de combustão interna (não mostrado) e é geralmente designado como 21. Entretanto, entende-se que os conceitos aqui divulgados em relação ao injetor de combustível 21 são aplicáveis aos demais dispositivos ultrassônicos de liberação de líquidos, incluindo, sem limitar, nebulizadores e outros dispositivos de liberação de medicamentos, equipamentos de moldagem, umidificadores, sistemas de pulverização de pintura, sistemas de distribuição de tinta, sistemas de mistura, sistemas de homogeneização e assim por diante.

O termo líquido, conforme utilizado aqui, refere-se a uma forma amorfa (não cristalina) de matéria

intermediária entre gases e sólidos, em que as moléculas estão muito mais concentradas do que nos gases, mas muito menos concentradas do que em sólidos. O líquido pode incluir um componente único ou vários componentes. Por exemplo, a
5 característica dos líquidos é a sua capacidade de fluir, em função de uma força aplicada. Os líquidos que fluem imediatamente após a aplicação da força e para o qual a taxa de fluxo é diretamente proporcional à força aplicada são geralmente conhecidos como líquidos newtonianos. Outros
10 líquidos apropriados têm resposta de fluxo anormal quando a força é aplicada e não exibem propriedades newtonianas de fluxo.

Como exemplos, o dispositivo ultrassônico de
15 liberação de líquidos da presente invenção pode ser usado para liberar líquidos tais como, sem limitar, betumes fundidos, tintas viscosas, adesivos por fusão a quente, materiais termoplásticos que amolecem para uma forma fluida quando expostos ao calor e retornam a uma forma ou condição
20 relativamente endurecida mediante refrigeração (por exemplo, borracha crua, ceras, resinas e similares), xaropes, óleos pesados, tintas, combustíveis, medicamentos líquidos, emulsões, pastas, suspensões e suas combinações.

25 O injetor de combustível 21 ilustrado na Fig. 1 pode ser usado em veículos terrestres, aéreos e marinhos, geradores de energia elétrica e outros dispositivos que utilizem um motor acionado com combustível. Em particular, o injetor de combustível 21 é apropriado para uso com motores a
30 diesel. No entanto, entende-se que o injetor de combustível é útil com os motores que usam outros tipos de combustível. Assim, o termo combustível utilizado aqui se destina a qualquer combustível usado para acionar um motor e não se limita ao diesel.

O injetor de combustível 21 consiste em uma carcaça, indicada de maneira geral em 23, para receber o combustível pressurizado de uma fonte (não mostrada) de combustível e liberar um spray atomizado de gotículas de combustível para o motor, como uma câmara de combustão de motor. Na realização ilustrada, a carcaça 23 consiste em um corpo principal alongado 25, um bocal 27 (às vezes também referido como corpo de válvula) e um elemento de retenção 29 (por exemplo, uma porca), mantendo o corpo principal, bocal e porca em conjunto montado. Em particular, uma extremidade inferior 31 do corpo principal 25 se assenta contra uma extremidade superior 33 do bocal 27. O elemento de retenção 29 se prende de maneira apropriada (por exemplo, com rosca) à superfície externa do corpo principal 25 para impelir as extremidades de acoplamento 31 e 33 do corpo principal e bico 27 em um conjunto.

Os termos "superior" e "inferior" são aqui utilizados de acordo com a orientação vertical do injetor de combustível 21 ilustrado nos diversos desenhos e não servem para descrever uma orientação necessária do injetor de combustível em uso. Isto é, entende-se que o injetor de combustível 21 possa ser orientado de outra maneira que não a vertical ilustrada nas figuras e permaneçam dentro do escopo da presente invenção. Aqui, os termos direção axial e longitudinal referem-se à direção longitudinal do injetor de combustível (por exemplo, na direção vertical na realização ilustrada). Aqui, os termos transversal, lateral e radial referem-se a uma direção perpendicular à axial (por exemplo, o sentido longitudinal). Os termos interno e externo também são usados em referência a uma direção transversal à direção axial do injetor de combustível, com o termo interior referindo-se a uma direção para o interior do injetor de

combustível e o termo exterior referindo-se a uma direção para o exterior do injetor.

O corpo principal 25 possui um orifício axial 35 que se estende longitudinalmente ao longo de seu comprimento. A dimensão transversal, ou dimensão do corte transversal do orifício 35 (por exemplo, o diâmetro do orifício circular ilustrado na Fig. 1) varia ao longo de segmentos longitudinais discretos do orifício, para fins que se tornarão aparentes. Em particular, com referência à Fig. 3, em uma extremidade superior 37 do corpo principal 25, a dimensão do corte transversal do orifício 35 é feita em degraus para formar um assento 39 para o assentamento de uma válvula solenóide convencional (não mostrada) no corpo principal, com uma porção da válvula solenóide se estendendo para baixo, dentro do orifício central do corpo principal. O injetor de combustível 21 e a válvula solenóide são montados em conjunto por um conector apropriado (não mostrado). A construção e funcionamento de válvulas solenóides apropriadas é conhecida por pessoas com habilidade normal na arte e portanto não são descritos aqui em mais detalhes, salvo na medida do necessário. Exemplos de válvulas solenóide apropriadas são divulgados na patente US6.688.579, intitulada "Solenoid Valve for Controlling a Fuel Injector of an Internal Combustion Engine", na patente US6.827.332, intitulada "Solenoid Valve" e na patente US6.874.706, intitulada "Solenoid Valve Comprising a Plug-In/Rotative Connection". Também podem ser usadas outras válvulas solenóides apropriadas.

30

A dimensão transversal do orifício central 35 tem mais degraus na direção interna à medida que se estende sob a sede da válvula solenóide, para definir um ombro 45, que se assenta longitudinalmente em um suporte de pinos 47,

que se estende longitudinalmente (e coaxialmente na realização ilustrada) dentro do orifício central. Conforme ilustrado na Fig. 4, o orifício 35 do corpo principal 25 é ainda mais restringido na seção transversal que se estende longitudinalmente sob o segmento do orifício em que o suporte de pinos 47 se estende, e define, pelo menos em parte, uma câmara de baixa pressão 49 do injetor 21.

Longitudinalmente, sob a câmara de baixa pressão 49, o orifício central 35 do corpo principal 25 se estreita ainda mais para definir um segmento de canal guia (e de vedação de alta pressão) 51 (Figs. 4 e 5) do orifício, pelo menos em parte localizando de maneira apropriada uma agulha de válvula 53 (em geral, um elemento de válvula) do injetor 21 dentro do orifício, conforme descrito posteriormente neste documento. Com referência à Fig. 8, a seguir a dimensão transversal do orifício 35 aumenta à medida que o orifício se estende longitudinalmente por sob o segmento do canal guia 51 até a extremidade aberta 31 do corpo principal 25 e, em parte (por exemplo, juntamente com o bocal 27, conforme será descrito), definir uma câmara de alta pressão 55 (em geral, uma câmara de combustível interna e mesmo de forma mais ampla uma câmara interna de líquidos) da carcaça do injetor 23.

25

Uma entrada de combustível 57 (Figs. 1 e 4) é formada na lateral do corpo principal 25, intermediária entre as extremidades superior e inferior 37, 31 e se comunica com os canais de distribuição divergentes superior e inferior 59 e 61, que se estendem para dentro do corpo principal. Em particular, o canal de distribuição superior 59 estende-se desde a entrada de combustível 57 para cima, dentro do corpo principal 25 e se abre no orifício 35, geralmente adjacente ao suporte do pino 47 preso dentro do orifício e, mais

particularmente, logo abaixo do ombro de 45 em que o suporte do pino está assentado. O canal de distribuição inferior 61 se estende desde a entrada de combustível 57 para baixo e para dentro do corpo principal 25 e se abre para o orifício central 35, geralmente na câmara de alta pressão 55. Um tubo de liberação 63 se estende para o interior, através do corpo principal 25, na entrada do combustível 57 e é presa junto ao corpo principal por uma luva apropriada 65 e uma fixação rosqueada 67. Entende-se que a entrada de combustível 57 pode estar situada em local diferente, conforme ilustrado nas Figs. 1 e 4, sem sair do escopo de aplicação da invenção. Entende-se também que o combustível pode ser liberado exclusivamente para a câmara de alta pressão 55 da carcaça 23 e permanecer no escopo da presente invenção.

O corpo principal 25 também tem uma saída 69 (Figs. 1 e 4) formada em sua lateral através da qual o combustível a baixa pressão é retirado do injetor 21 para liberação a um sistema de retorno de combustível apropriado (não mostrado). Um primeiro canal de retorno 71 é formado no corpo principal 25 e fornece comunicação de fluido entre a saída 69 e a câmara de baixa pressão 49 do orifício central 35 do corpo principal. Um segundo canal de retorno 73 é formado no corpo principal 25, para permitir comunicação de fluido entre a saída 69 e a extremidade aberta superior 37 do corpo principal. Entretanto, entende-se que um ou ambos os canais de retorno 71 e 73 possam ser retirados do injetor de combustível 21, sem que isso afaste do escopo de aplicação desta invenção.

Agora, com referência especial às Figs. 6 a 8, geralmente o bocal ilustrado 27 é alongado e está alinhado coaxialmente com o corpo principal 25 da carcaça do injetor de combustível 23. Em particular, o bocal de 27 tem um

orifício axial 75 alinhado coaxialmente com o orifício axial 35 do corpo principal 25, especialmente na extremidade inferior 31 do corpo principal, de modo que o corpo principal e o bocal definem em conjunto a câmara de alta pressão de 55 da carcaça do injetor de combustível 23. A dimensão do corte transversal do orifício do bocal 75 é em degrau na direção externa da extremidade superior 33 do bocal 27 para definir um ombro 77 para o assento de um elemento de montagem 79 na carcaça do injetor de combustível 23. Geralmente, a extremidade inferior (também conhecida como ponta 81) do bocal de 27 é cônica.

Sua ponta intermediária 81 e sua extremidade superior 33 da dimensão do corte transversal (por exemplo, geralmente o diâmetro na realização ilustrada) do orifício do bocal 75 é uniforme ao longo do comprimento do bocal, conforme ilustrado na Fig. 8. Uma ou mais portas de exaustão 83 (duas são visíveis na seção transversal da Fig. 7 enquanto que portas adicionais são visíveis na seção transversal da Fig. 10) são formadas no bocal 27, como na ponta 81 do bocal ilustrado na realização, através do qual o combustível a alta pressão é retirado da carcaça 23 para liberação para o motor. Como exemplo, em uma realização apropriada do bocal 27 pode haver oito portas de exaustão 83, e cada porta de exaustão com um diâmetro de cerca de 0,006 polegadas (0,15 mm). No entanto, entende-se que o número de portas de exaustão e o seu diâmetro podem variar, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção. O canal de distribuição inferior 61 da câmara de alta pressão 55 definem juntos, de maneira ampla, um caminho de fluxo dentro da carcaça 23, ao longo do qual os fluxos de combustível a alta pressão fluem da entrada de combustível 57 para as portas de exaustão 83 do bocal 27.

Referindo-se agora às Figs 1 e 3, o suporte de pino 47 consiste em um corpo tubular alongado 85 e uma cabeça 87 formada integralmente com a extremidade superior do corpo tubular e dimensão na seção transversal maior do que o
5 suporte tubular para localização do suporte de pinos no ombro 45 do corpo principal 25, dentro do orifício central 35. Na realização ilustrada, o suporte de pino 47 está alinhado coaxialmente com orifício axial 35 do corpo principal 25, e o
10 corpo tubular 85 do suporte de pinos geralmente com tamanho dimensionado para vedar o corpo principal dentro do orifício axial do corpo principal. O corpo tubular 85 do suporte do pino 47 define um canal interno 91 que se estende longitudinalmente do suporte de pinos para receber um pino alongado 93 no suporte dos pinos.

15

Geralmente, a cabeça 87 do suporte de pino 47 tem um recesso côncavo em forma de prato 95 formado centralmente em sua superfície superior e um orifício de 97, que se estende longitudinalmente a partir do centro do
20 recesso para o canal interno de 91 do suporte de pinos. Conforme ilustrado na Fig. 3, uma abertura anular 99 é formada entre a parede lateral do suporte de pinos 47 e a superfície interna do corpo principal 25, na porção superior do orifício 35 do corpo principal. Um canal de alimentação
25 101 se estende transversalmente através da parede lateral do corpo tubular 85 do suporte de pino 47 ao canal interno 91, geralmente na extremidade superior do canal, com o canal de alimentação 101 sendo aberto em sua extremidade transversal externa para a abertura anular 99. O canal de alimentação 101
30 está em comunicação fluídica com o canal de distribuição superior 59 no corpo principal 25, através da abertura anular 99 para receber combustível a alta pressão no canal de alimentação, o canal interno do corpo tubular 85 acima do

pino 93, e o orifício 97 se estendendo longitudinalmente dentro da cabeça 87 do suporte do pino 47.

O pino 93 é alongado e se estende
5 coaxialmente de maneira apropriada dentro canal do suporte de
pinos 91 e o orifício axial 35 do corpo principal 25. Um
segmento superior do pino 93 penetra por deslizamento dentro
do canal interno 91 do suporte de pinos 47, em estreita
relação de espaçamento com ele, enquanto o restante do pino
10 estende-se longitudinalmente para fora do suporte de pinos,
para baixo e para dentro da câmara de baixa pressão 49 do
orifício 35 do corpo principal 25. Conforme ilustrado na Fig.
3, uma extremidade superior 103 do pino 93 (por exemplo, na
parte superior do canal interno 101 do suporte de pinos 47) é
15 afunilada para permitir que o combustível a alta pressão seja
recebido dentro do canal interno do suporte de pinos, acima
da extremidade superior da o pino.

Também dispostos dentro da câmara de baixa
20 pressão 49 do orifício do corpo principal 3 estão uma luva
tubular 107 (Fig. 4) que circunda o pino 93, logo abaixo do
suporte de pino 47 (por exemplo, limitando-se contra a
extremidade inferior do suporte de pinos) e define um assento
de mola, um martelo 109 que se limita contra a extremidade
25 inferior do pino em relação coaxial com o pino e com uma
extremidade superior que define um assento de mola em
oposição e uma mola 111 presa entre o martelo e a luva da
mola com o pino que passa longitudinalmente através da mola.

30 A agulha de válvula 53 (de maneira geral, o
elemento de válvula) é alongada e se estende coaxialmente
dentro do orifício 35 do corpo principal 25, a partir de uma
extremidade superior 113 (Fig. 2) da agulha de válvula,
limitada com a parte inferior do martelo 109, através dos

canais segmento de guia de canal 51 (Fig. 8) do orifício do corpo principal e ainda mais para baixo através da câmara de alta pressão 55 até uma extremidade terminal 115 da agulha válvula disposta bem próxima da ponta 81 do bocal 27, dentro da câmara de alta pressão. Conforme melhor ilustrado nas Figs. 4 e 8, a agulha da válvula 53 é dimensionada em seção transversal para ter um relacionamento espaçado com o corpo principal 25 no segmento do canal de guia 51 do orifício axial 35 para manter o alinhamento apropriado da agulha de válvula em relação ao bocal 27.

Referindo-se particularmente à Fig. 7, a extremidade terminal 115 da agulha de válvula 53 é geralmente cônica, de acordo com a forma cônica da ponta 81 do bocal 27 e define uma superfície 117 adaptada para normalmente fazer a vedação contra a superfície interna da ponta do bocal em uma posição fechada (não mostrada) da agulha da válvula. Em particular, na posição fechada da válvula de agulha 53, a superfície de fechamento 117 da agulha da válvula veda contra a superfície interna da ponta do bocal 81 com as portas de exaustão 83 para vedar o bocal (e mais amplamente, a carcaça do injetor de combustível 23) contra o combustível que está sendo retirado do bocal pelas portas de exaustão. Em uma posição aberta da agulha da válvula (ilustrada na Fig. 7), a superfície de fechamento de 117 da agulha da válvula 53 é separada 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 ponta do bocal 81 para as portas de exaustão 83 para esgotamento do injetor de combustível 21.

Em geral, o espaçamento entre a superfície do fechamento 117 da extremidade terminal da agulha da válvula 115 e a superfície oposta da ponta do bocal 81 na posição

aberta da agulha de válvula é apropriada no intervalo de cerca de 0,002 polegada (0,051 mm) para cerca de 0,025 polegadas (0,64 mm). No entanto, entende-se que o espaçamento pode ser maior ou menor que o intervalo especificado acima, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção.

Considera-se que o bocal 27, e mais particularmente, a ponta 81, possa ser configurado de maneira alternativa de forma que as portas de exaustão 83 fiquem dispostas em local diferente que o da superfície interna do bocal que se assenta na superfície de fechamento 117 da agulha de válvula 53, na posição fechada da agulha da válvula. Por exemplo, as portas de exaustão 83 podem ser dispostas a jusante (no sentido em que combustível flui para as portas de exaustão), da superfície do bocal que se assenta na superfície de fechamento 117 da agulha da válvula 53 e permanecem dentro do escopo da presente invenção. Um exemplo adequado de tal agulha de válvula, ponta do bocal e arranjo da porta de exaustão é descrito na patente US6.543.700, cuja divulgação é aqui incluída por referência no grau que é deste modo consistente.

Portanto, será entendido que o pino 93, o martelo 109 e a agulha da válvula 53 são móveis de maneira conjunta longitudinalmente a um eixo comum na carcaça 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 e de maneira apropriadamente oblíqua o martelo, e portanto, a agulha da válvula 53, para a posição fechada da agulha da válvula. Entende-se que outras configurações apropriadas de válvulas sejam possíveis para controlar o fluxo de combustível do injetor de liberação para o motor, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção. Por exemplo, o bocal 27 (de maneira geral, a

carcaça 23), pode ter uma abertura através da qual a agulha da válvula 53 se estende para fora do bocal de combustível e por onde sai o bocal para a liberação para o motor. Em tal realização a extremidade terminal 115 da agulha da válvula 53
5 faz vedação contra a parte externa do bocal 27 na posição fechada da agulha da válvula. Também se entende que o funcionamento da agulha da válvula 53 pode ser controlado, que não por uma válvula solenóide e permanecer dentro do escopo da presente invenção. Além disso, entende-se que a
10 agulha da válvula 53 ou outros arranjos de válvula podem ser omitidos completamente do injetor de combustível 21, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção.

Agora, com referência especial às Figs. 8 e
15 9, uma guia de ondas ultrassônica 121 é formada separada da agulha da válvula 53 e da carcaça do injetor de combustível 23 e estende-se longitudinalmente para dentro do interior da câmara de alta pressão 55 da carcaça para a extremidade terminal 123 da guia de ondas disposta logo acima da ponta 81
20 do bocal 27, para energizar por ultrassom o combustível na câmara de combustível, pouco antes da saída de combustível do injetor 21 através das portas de exaustão 83 formadas no bocal. A guia de onda 121 devidamente ilustrada é alongada e tubular de maneira apropriada, com uma parede lateral 125
25 definindo uma passagem interna 127, que se estende ao longo de seu comprimento entre as extremidades superior e inferior longitudinalmente opostas (a extremidade superior está sendo indicada como 129) da guia de ondas. A extremidade inferior da guia de ondas 121 define a extremidade terminal 123 da
30 guia de ondas. Geralmente, a guia de onda ilustrada 121 tem uma seção transversal anular (ou seja, circular). No entanto, entende-se que a guia de ondas 121 pode ser moldada em outra forma de seção transversal que não a anular, sem se afastar da aplicação da presente invenção. Também se considera que a

guia de ondas 121 pode ser tubular ao longo de menos do que seu comprimento total e geralmente pode até ser sólida em toda sua extensão. Em outras realizações, está previsto que geralmente a agulha da válvula pode ser tubular e a guia de ondas disposta pelo menos em parte no interior da agulha de válvula.

Em geral, a guia de ondas pode ser construída com um metal que tenha propriedades acústicas e mecânicas apropriadas. Exemplos de metais adequados para a construção da guia de onda incluem, sem limitação, alumínio, Monel, titânio e algumas ligas de aço. Também é considerado que a totalidade ou parte da guia de ondas possa ser revestida com outro metal. A guia de ondas ultrassônicas 121 é presa dentro da carcaça do injetor de combustível 23, e de maneira mais apropriada na câmara de alta pressão 55, conforme a realização ilustrada, por um elemento de montagem 79. O elemento de montagem 79, localizado longitudinalmente entre as extremidades 123, 129 da guia de ondas 121, geralmente define um segmento superior 131 da guia de ondas que se estende longitudinalmente para cima (na realização ilustrada) do elemento de montagem 79 para a extremidade superior 129 da guia de ondas e um segmento inferior 133 que se estende longitudinalmente para baixo do elemento de montagem até a extremidade terminal 123 da guia de ondas.

Enquanto na realização ilustrada a guia de ondas 121 (ou seja, os segmentos superior e inferior das mesmas) é disposta totalmente no interior da câmara de alta pressão 55 da carcaça, também se considera que apenas parte da guia de ondas possa estar disposta dentro da câmara de alta pressão, sem se afastar do escopo da presente invenção. Por exemplo, apenas o segmento inferior 133 da guia de ondas 121, incluindo extremidade terminal 123 da mesma, pode ser

disposto dentro da câmara de alta pressão 55, enquanto o segmento superior 131 da guia de ondas é disposto no exterior da câmara de alta pressão e pode ou não estar sujeito ao combustível a alta pressão dentro da carcaça do injetor 23.

5

A dimensão da seção transversal interna (por exemplo, o diâmetro interno da realização ilustrada) da guia de ondas 121 (por exemplo, a dimensão da seção transversal da passagem interior 127 da mesma) é geralmente uniforme ao longo do comprimento da guia de ondas e é devidamente dimensionada para acomodar a agulha da válvula 53, que se estende coaxialmente dentro da passagem do interior da guia de ondas, ao longo de todo o comprimento da guia de ondas (e acima da guia de ondas, limitando-se com o martelo 109 na realização ilustrada). Entende-se, no entanto, que a agulha da válvula 53 pode se estender ao longo de apenas parte da passagem interior 127 da guia de ondas 121, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção. Também se entende que a dimensão interna da seção transversal da guia de onda 121 pode não ser uniforme ao longo do comprimento da guia de ondas. Na realização ilustrada, a extremidade terminal 115 da agulha de válvula 53, e de maneira mais apropriada, a superfície de fechamento de 117 da agulha da válvula, está disposta longitudinalmente para fora da extremidade terminal 123 da guia de ondas 121 nas posições aberta e fechada da agulha da válvula. Entende-se, no entanto, que a superfície de fechamento 117 da extremidade terminal 115 da agulha válvula 53 só precisa se estender para fora da extremidade terminal 123 da guia de ondas 121 na posição fechada da agulha da válvula e pode estar disposta, total ou parcialmente dentro a passagem interior 127 da guia de ondas na posição aberta da agulha da válvula.

Conforme melhor ilustrado na Fig. 7, a dimensão da seção transversal (por exemplo, o diâmetro na realização ilustrada) da porção da agulha da válvula 53 que se estende para dentro da passagem interior 127 da guia de ondas 121 é ligeiramente menor do que a dimensão da seção transversal da passagem interior da guia de ondas para definir, em parte, o caminho do fluxo de combustível a alta pressão no interior da carcaça, e de maneira mais apropriada, definir uma parte do caminho do fluxo que se estende entre a superfície interna da parede lateral da guia de ondas 125 e a agulha da válvula ao longo do comprimento da agulha da válvula. Por exemplo, em uma realização, a agulha da válvula 53 está transversalmente espaçada (por exemplo, radialmente espaçada na realização ilustrada) a partir da superfície interna da parede lateral da guia de ondas 125 dentro da passagem interna 127 da guia de ondas, por cerca de cerca de 0,0005 polegada (0,013 milímetros) até cerca de 0,0025 polegada (0,064 mm).

20 Junto com um par de segmentos longitudinalmente espaçados (por exemplo, um segmento 137 (Fig. 7) adjacente à extremidade do terminal 123 da guia de ondas 121 e o outro segmento 139 (Fig. 6a), adjacente e um pouco acima do elemento de montagem 79) da agulha de válvula 53 dentro da passagem de 127, a dimensão transversal da agulha da válvula 53 é aumentado de modo que a agulha da válvula seja de forma mais espaçada ou deslizar quando em contato com a guia de ondas dentro da passagem para facilitar o alinhamento apropriado e inibir o movimento transversal da agulha da válvula dentro da passagem. A superfície externa da agulha da válvula 53 nesses segmentos tem uma ou mais planos (não mostrados) formados aí para definir a porção do caminho do fluxo que se estende para dentro da passagem 127 da guia de ondas 121. Alternativamente, a agulha da válvula 53 na

superfície externa pode ser estriada longitudinalmente nesses segmentos para permitir o fluxo de combustível para dentro da passagem interior 127 da guia de ondas 121 após esses segmentos.

5

Com referência particular à Fig. 7, a superfície externa da parede lateral da guia de ondas 125 é espaçada transversalmente ao corpo principal 25 e ao bocal 27, para melhor definir o caminho do fluxo ao longo do qual o combustível a alta pressão flui da entrada de combustível 57 para as portas de exaustão 83 e, mais adequadamente, forma uma porção externa do caminho de fluxo, ou externo à guia de ondas 121. De maneira geral, a dimensão transversal externa (por exemplo, diâmetro externo na realização ilustrada) da parede lateral da guia de ondas 125 é uniforme ao longo de seu comprimento, intermediário em uma porção alargada 195 da guia de ondas disposta no sentido longitudinal e/ou adjacentes à extremidade terminal 123 da guia de ondas 121 e outra porção alargada 153 disposta longitudinalmente e adjacente à extremidade superior 129 da guia de ondas. Como exemplo, o espaçamento transversal (por exemplo, radial na realização ilustrada) entre a parede lateral da guia de ondas 125 e antes do bocal 27 (por exemplo, em relação à direção em que o combustível flui da extremidade superior 33 do bocal até as portas de exaustão 83) da extremidade terminal 123 da guia de ondas é adequada no intervalo de cerca de 0,001 polegada (0,025 mm) até cerca de 0,021 polegada (0,533 mm). No entanto, o espaçamento pode ser menor ou maior do que isso, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção.

30

A dimensão da secção transversal externa da porção 195 do segmento inferior 133 da guia de ondas 121 aumenta de maneira apropriada, e de maneira mais apropriada, reduz ou se alarga transversalmente e adjacente para fora, ou de maneira mais apropriada, na extremidade terminal 123 da

guia de ondas. Por exemplo, a dimensão transversal dessa porção alargada 195 do segmento inferior 133 da guia de ondas 121 é dimensionada um relacionamento de contato espaçado ou mesmo deslizante com o bocal 27 dentro do orifício central de 5 75 do mesmo para manter o alinhamento axial apropriado da guia de ondas (e portanto da agulha da válvula 53) dentro da câmara de alta pressão 55.

Como resultado, a parte do caminho de fluxo 10 entre a guia de ondas 121 e o bocal 27 é geralmente mais estreita junto ou na extremidade terminal 123 da guia de ondas em relação ao caminho de fluxo imediatamente antes da extremidade terminal da guia de ondas, para geralmente restringir o fluxo de combustível após a extremidade terminal 15 da guia de ondas para as portas de exaustão 83. A porção alargada 195 do segmento inferior 133 da guia de ondas 121 também oferece uma maior área de superfície ultrassonicamente excitada para que o combustível flua após a extremidade terminal 123 da guia de ondas fique exposta. Um ou mais 20 planos 197 (Fig. 9) são formados na superfície externa da porção alargada 195 do segmento inferior 133, para facilitar o fluxo de combustível ao longo do caminho do fluxo após a extremidade terminal 123 da guia de ondas 121 para fluir para as portas de exaustão 83 do bocal 27. Entende-se que a porção 25 alargada 195 da parede lateral da guia de ondas 115 pode se expandir para fora, em vez de se alargar ou estreitar. Também se entende que as superfícies superior e inferior da porção alargada 195 podem ser contornadas, em vez de reta e ainda permanecer dentro do escopo da presente invenção.

30

Em um exemplo, a porção alargada 195 do segmento inferior da guia de ondas 133, por exemplo, em e/ou adjacente à extremidade terminal 123 da guia de ondas, tem uma dimensão exterior máxima (por exemplo, o diâmetro externo

na realização ilustrada) de cerca de 0,2105 polegada (5,35 mm), enquanto que a dimensão máxima da seção transversal externa da guia de onda, imediatamente anterior a essa porção alargada pode estar no intervalo de cerca de 0,16 polegada (4,06 mm) a até pouco menos de cerca de 0,2105 polegada (5,35 mm).

O espaçamento transversal entre a extremidade terminal 123 da guia de ondas 121 e o bocal 27 define uma área aberta através da qual o combustível flui ao longo do caminho do fluxo após a extremidade terminal da guia de ondas. Uma ou mais portas de exaustão 83 define uma área aberta através da qual o combustível sai da carcaça 23. Por exemplo, quando existe uma porta de exaustão, a área aberta através da qual o combustível sai da carcaça 23 é definida como a área transversal da porta de exaustão (por exemplo, onde o combustível entra na porta de exaustão) e onde há várias portas de exaustão 83, a área aberta através da qual o combustível sai da carcaça é definida como a soma da área transversal de cada porta de exaustão. Em uma realização, uma relação entre a área aberta na extremidade terminal 123 da guia de onda 121 e do bocal 27 para a área aberta através da qual o combustível sai da carcaça 23 (por exemplo, nas portas de exaustão 83) é adequada no intervalo de cerca de 4:1 a cerca de 20:1.

Entende-se que em outras realizações apropriadas, o segmento inferior 133 da guia de onda 121 geralmente pode ter uma dimensão externa da seção transversal uniforme em toda sua extensão (por exemplo, de tal forma que não se forme nenhuma parte alargada 195), ou pode reduzir a dimensão transversal externa (por exemplo, reduzir substancialmente na direção de sua extremidade terminal 123), sem se afastar do escopo de aplicação da invenção.

Referindo-se novamente às Figs. 8 e 9, um dispositivo de excitação adaptado para energizar a guia de onda 121, para vibrar mecanicamente por ultrassom é convenientemente disposto totalmente dentro da câmara de alta pressão 55, juntamente com a guia de ondas e indicado de maneira geral em 145. Em uma realização, o dispositivo de excitação 145 responde de maneira apropriada à corrente elétrica de alta frequência (por exemplo, frequência de ultrassons) para vibrar as ondas por ultrassom. Como exemplo, o dispositivo de excitação 145 pode receber, de maneira apropriada, a corrente elétrica de alta frequência de um sistema de geração apropriado (não mostrado) que é operável para fornecer corrente alternada de alta frequência para o dispositivo de excitação. Entende-se o termo "ultrassom", conforme utilizado aqui com tendo uma frequência na faixa de cerca de 15 kHz a cerca de 100 kHz. Como exemplo, em uma realização, o sistema de geração pode fornecer, de maneira apropriada, corrente alternada para o dispositivo de excitação em uma frequência ultrassônica entre cerca de 15 kHz a cerca de 100 kHz, mais adequadamente, no intervalo de 15 kHz a 60 kHz, e ainda mais adequadamente no intervalo de 20 kHz a cerca de 40 kHz. Tais sistemas geradores são bem conhecidos de pessoa com habilidade na arte e não precisam de maiores descrições.

Na realização ilustrada, o dispositivo de excitação 145 consiste em um dispositivo piezoelétrico, e mais adequadamente em diversos anéis piezoelétricos 147 empilhados (por exemplo, pelo menos duas e na realização ilustrada, quatro) em torno do segmento superior 131 da guia de onda 121 e assentado em um ombro 149 formado pelo elemento de montagem 79. Um colar anular 151 rodeia o segmento superior de 131 da guia de ondas 121 acima dos anéis

piezoelétricos 147 e se apóia sobre o anel superior. De maneira apropriada, o colarinho 151 é construído de um material de alta densidade. Por exemplo, um material adequado a partir do qual o colar 151 pode ser fabricado é o tungstênio. Entende-se, no entanto, que o colar 151 pode ser feito de outros materiais adequados e permanecer no escopo da presente invenção. A porção alargada 153, adjacente à extremidade superior 129 da guia de ondas 121 tem uma maior dimensão da seção transversal externa (por exemplo, um diâmetro exterior maior na realização ilustrada) e é rosqueado ao longo desse segmento. O colar 151 é rosqueado internamente para prender o colar à guia de ondas 121. O colar 151 está devidamente preso contra a pilha de anéis piezoelétricos 147, para comprimir os anéis entre o colar e o ombro 149 do elemento de montagem 79.

A guia de ondas 121 e um dispositivo de excitação 145 da realização amplamente ilustrada, definem um conjunto de guia de ondas, indicado de maneira geral em 150, para energizar por ultrassom o combustível na câmara de alta pressão 55. Assim, o todo o conjunto da guia de ondas 150 está totalmente disposto no interior da câmara de combustível a alta pressão 55 do injetor de combustível 21 e portanto geralmente fica exposto de maneira uniforme ao ambiente de alta pressão dentro do injetor de combustível. Como exemplo, o conjunto da guia de ondas ilustrado foi construído de maneira particular para agir como corneta e transdutor de ultrassom, para fazer vibrar a corneta ultrassônica. Em particular, o segmento inferior 133 da guia de ondas 121, conforme ilustrada na Fig. 8 geralmente atua como uma corneta de ultrassons, enquanto que o segmento superior 131 da guia de ondas, e mais adequadamente a parte do segmento superior que geralmente se estende desde o elemento de fixação 79 até o local em que o colar 151 prende o segmento superior da guia

de ondas junto com o dispositivo de excitação (por exemplo, os anéis piezoelétricos) atua como um transdutor.

Ao distribuir corrente elétrica (por exemplo, corrente alternada distribuída em uma frequência ultrassônica) aos anéis piezoelétricos da realização ilustrada, os anéis piezoelétricos se expandem e se contraem (particularmente no sentido longitudinal do injetor de combustível 21) na frequência ultrassônica à qual a corrente é distribuída para os anéis. Devido ao fato de os anéis serem comprimidos entre o colar de 151 (que é preso ao segmento superior 131 da guia de ondas 21) e o elemento de montagem 79, a expansão e a contração dos anéis faz com que o segmento superior da guia de ondas se alongue e contraia por ultrassom (por exemplo, geralmente conforme a frequência a que os anéis piezoelétrico se expandem e contraem), como um transdutor. Dessa forma, o alongamento e a contração do segmento superior 131 da guia de ondas 121 estimulam a frequência de ressonância da guia de ondas e, em particular ao longo do segmento inferior 133 da guia de ondas, resultando na vibração ultrassônica da guia de ondas ao longo do segmento inferior, como por exemplo, na forma de uma corneta ultrassônica.

Como exemplo, em uma realização do deslocamento do segmento inferior 133 da guia de ondas 121 resultante da excitação ultrassônica do mesmo, pode ser de até cerca de seis vezes o deslocamento dos anéis piezoelétricos e do segmento superior da guia de ondas. Porém, entende-se que o deslocamento do segmento inferior 133 poderá ser ampliado em mais de seis vezes, ou não pode ser ampliado, e permanecer no escopo da presente invenção.

Foi considerada a possibilidade de parte da guia de ondas 121 (por exemplo, uma parte do segmento superior 131 da guia de ondas) poder alternativamente ser construída com um material magnetoestrutivo que seja sensível à mudança de campos magnéticos nas frequências ultrassônicas. Em tal realização (não mostrada) o dispositivo de excitação pode incluir um gerador de campo magnético disposto no todo ou em parte, dentro da carcaça 23 e operável em resposta à corrente elétrica de entrada para aplicar um campo magnético ao material magnetoestrutivo onde alterações do campo magnético a frequências ultrassônicas (por exemplo, a partir do exterior, de uma magnitude para outra, e/ou uma mudança de direção).

Por exemplo, um gerador adequado pode incluir uma bobina elétrica conectada ao sistema de geração que fornece corrente para a bobina em frequências ultrassônicas. Dessa forma, a porção magnetoestrutiva da guia de ondas e o gerador de campo magnético de tal realização atuam em conjunto como transdutor, enquanto o segmento inferior 133 da guia de ondas 121 novamente atua como uma corneta ultrassônica. Um exemplo de material magnetoestrutivo apropriado e gerador de campo magnético é divulgado na patente US6.543.700, cuja divulgação é aqui incorporada por referência no grau que seja consistente.

Embora todo o conjunto da guia de ondas 150 esteja ilustrado como estando disposto dentro da câmara de alta pressão 55 da carcaça do injetor de combustível 23, entende-se que um ou mais desses componentes do conjunto da guia de ondas possa estar total ou parcialmente disposto no exterior da câmara de alta pressão, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção. Por exemplo, ainda que seja usado material magnetoestrutivo, o gerador de campo magnético

(de maneira ampla, o dispositivo de excitação) pode estar disposto no corpo principal 25 ou em outro componente da carcaça do injetor de combustível 23 e estar parcialmente exposto ou totalmente vedado fora da câmara de alta pressão

5 55. Em outra realização, só o segmento superior 131 da guia de ondas 121 e os anéis piezoelétricos 147 (e o colar 151) em conjunto, podem estar localizados na parte externa da câmara de alta pressão 55 sem se afastar do escopo desta invenção, desde que a extremidade terminal 123 da guia de ondas esteja

10 disposta dentro da câmara de alta pressão.

Ao colocar os anéis piezelétricos 147 e o colar 151 próximo do segmento superior 131 da guia de ondas 121, todo o conjunto da guia de ondas 150 não precisa mais

15 existir, exceto a própria guia de ondas (por exemplo, em oposição ao comprimento do conjunto em que um transdutor e uma corneta ultrassônica estejam arranjados em um arranjo tipo ponta a ponta, ou "empilhado"). Como exemplo, o conjunto global da guia de ondas 150 pode ter, de maneira apropriada,

20 um comprimento igual ao de cerca de metade do comprimento de onda de ressonância (normalmente referenciado de outra forma com metade do comprimento de onda) da guia de ondas. Em particular, o conjunto de guia de ondas 150 está devidamente configurado para ressonar em uma frequência de ultrassons no

25 intervalo entre cerca de 15 kHz a cerca de 100 kHz, mais adequadamente no intervalo de cerca de 15 kHz a cerca de 60 kHz, e ainda de maneira mais adequada no intervalo de cerca de 20 kHz a cerca de 40 kHz. O conjunto de guia de ondas 150 com metade do comprimento de onda operando em tais

30 frequências possui um respectivo comprimento global (que corresponde a meio comprimento de onda) no intervalo de cerca de 133 mm a cerca de 20 mm, de maneira mais apropriada no intervalo de cerca de 133 mm a cerca de 37,5 mm e de maneira ainda mais apropriada no intervalo de cerca de 100 mm a cerca

de 50 mm. Conforme um exemplo mais particular, o conjunto da guia de ondas 150 ilustrado nas Figs. 8 e 9 está configurado para funcionamento a uma frequência de cerca de 40 kHz e tem um comprimento global de cerca de 50 mm. Entretanto, entende-se que a carcaça 23 possa ter tamanho suficiente para permitir que o conjunto da guia de ondas tenha um comprimento de onda completo a ser disposto aí. Também se entende que em tal arranjo o conjunto da guia de ondas possa incluir uma corneta e um transdutor ultrassônico em uma configuração empilhada.

Uma luva eletricamente não condutiva 155 (cilíndrica na realização ilustrada, mas que pode ter qualquer formato) está assentada na extremidade superior do colar 151 e se estende desde o colar até a extremidade superior da câmara de alta pressão 55. A luva 155 também é normalmente fabricada com um material flexível apropriado. Como exemplo, um material adequado para a fabricação da luva 155 é o material termoplástico amorfo polieterimida fabricado pela General Electric Company, EUA, sob o nome comercial ULTEM. No entanto, outros materiais eletricamente não condutores apropriados, como materiais cerâmicos, podem ser utilizados para fabricar a luva 155 e continuar dentro do escopo da presente invenção. A extremidade superior da luva 155 tem um flange anular 157 integralmente formado que se estende radialmente para fora da mesma e um conjunto de quatro fendas 159 que se estendem longitudinalmente e definem quatro guias 161, geralmente flexíveis, na extremidade superior da luva. O segundo flange anular 163 é formado integralmente pela luva 155 e se estende radialmente para fora da luva, logo abaixo das fendas 159 que se estendem longitudinalmente, ou seja, longitudinalmente espaçados em relação ao flange anular 157 disposto na extremidade superior da luva.

Um anel de contato 165 construído de material eletricamente condutor contorna a luva 155 em posição intermediária entre os flanges anulares 157 e 163 da luva, longitudinalmente espaçados. Em uma realização, o anel de
5 contato 165 é fabricado em latão. Entretanto, entende-se que o anel de contato 165 possa ser construído de outros materiais adequados que sejam eletricamente condutores, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção. Também se entende que um dispositivo de contato que não seja um anel,
10 como um dispositivo de contato de ponto único, lingueta flexível e/ou acionada por mola ou outro dispositivo apropriado que seja eletricamente condutor, pode ser utilizado, sem se afastar do escopo de aplicação da invenção. Na realização ilustrada, a dimensão interna da seção
15 transversal (por exemplo, o diâmetro) do anel de contato 165 tem tamanho ligeiramente menor do que a dimensão externa da seção transversal do segmento longitudinal da luva 155 que se estende entre os flanges anulares 157 e 163.

20 O anel de contato 165 é inserido na luva 155 impelindo o anel de contato telescopicamente para baixo, sobre a extremidade superior da luva. A força do anel 165 contra o flange anular 157 na extremidade superior da luva 155 força a guia 161 a flexionar (por exemplo, curvar)
25 radialmente para dentro, para permitir que o anel deslize para baixo, após o flange anular formado na extremidade superior da luva e assente o anel no segundo flange anular 163. De forma resiliente, as guias 161 se movem de volta para suas posições iniciais, fornecendo contato por atrito entre o
30 anel de contacto 165 e a luva 155 e prendendo o anel de contacto entre os flanges anulares 157 e 163 da luva.

Um anel guia 167, fabricado com material eletricamente não condutivo, delimita e isola eletricamente o

anel de contato 165. Como exemplo, o anel guia 167 pode (mas não necessariamente) ser construído com o mesmo material que a luva 163. Em uma realização, o anel guia fica preso de maneira apropriada na luva, e de maneira mais apropriada, no
5 anel de contato 165, por uma abraçadeira ou encaixe por atrito do anel de guia no anel de contato. Por exemplo, o anel de guia 167 pode ser um anel descontínuo, interrompido ao longo de uma ranhura, conforme mostrado na Fig. 9. Dessa
10 forma, na ranhura, o anel de guia 167 é expansível em relação à circunferência, para encaixar o anel de guia sobre o anel de contato 165 e mediante liberação posterior, prende o anel de contato de maneira resiliente e segura em torno do anel de contato.

15 Em uma realização particularmente apropriada, uma saliência anular localizada 169 estende-se radialmente para dentro do anel guia 167 e é recebida em um sulco anular 171 formado no anel de contato 165 para localizar corretamente o anel guia sobre o anel de contato. Entretanto,
20 entende-se que o anel de contato 165 e anel guia 167 podem ser montados em outra luva 155 que não a ilustrada nas Figs. 8 e 9, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção. Pelo menos uma, e de maneira mais apropriada, diversas aberturas cônicas ou em tronco de cone 173, são formadas
25 radialmente no anel guia 167 para permitir o acesso ao anel de contato 165, para liberar corrente elétrica para o anel de contato.

Conforme melhor visto na Fig. 5, uma luva
30 isolante 175, fabricada com material eletricamente não condutor apropriado, se estende através de uma abertura no lado do corpo principal 25 e com uma extremidade terminal geralmente em formato cônico 177 configurada para se assentar dentro de uma das aberturas 173 do anel guia de 167. A luva

isolante 175 é mantida presa a uma fixação apropriada 179 que se prende por rosqueamento ao corpo principal 25, na abertura do 173 e tem uma abertura central por onde se estende a luva de isolamento. A fiação elétrica apropriada 181 se estende
5 através da luva isolante 175, em contato elétrico com o anel de contato 165 em uma extremidade do fio e está em comunicação elétrica em sua extremidade oposta (não mostrada) com uma fonte de alimentação (não mostrada) de corrente elétrica.

10

A fiação elétrica adicional 183 estende-se do anel de contato 165 para baixo, ao longo do exterior da luva 155 e para dentro da câmara de alta pressão 55, em comunicação elétrica com um eletrodo (não mostrado) disposto
15 entre o anel piezoelétrico mais alto 147 e o próximo anel piezoelétrico inferior. Um fio separado 184 conecta eletricamente o eletrodo a outro eletrodo (não mostrado) disposto entre o anel piezoelétrico 147 mais inferior e o anel logo acima dele. O elemento de montagem 79 e/ou a guia de ondas 121 fornecem o aterramento para corrente fornecida
20 aos anéis piezoelétricos 147. Em particular, um fio terra 185 está conectado ao elemento de montagem 79 e se estende para cima até a metade dos dois anéis piezoelétricos 147 em contato com um eletrodo (não mostrado) lá disposto.
25 Opcionalmente, um segundo fio terra (não mostrado) pode se estender entre a metade de dois anéis piezoelétricos 147 em contato com outro eletrodo (não mostrado) entre o anel piezoelétrico superior e o colar 151.

30

Com referência especial às Figs. 6, 6a, 8 e 9, o elemento de montagem 79 está devidamente conectado à guia de onda 121, intermediária entre as extremidades 123 e 129 da guia de ondas. Mais apropriadamente, o elemento de montagem 79 está ligado à guia de ondas 121 em uma região

nodal da guia de ondas. Conforme aqui utilizada, região "nodal" da guia de ondas 121 refere-se a uma região ou segmento longitudinal da guia de ondas, ao longo do qual ocorre pouco (ou nenhum) deslocamento longitudinal durante a 5 vibração ultrassônica da guia de ondas e o deslocamento transversal (por exemplo, radial na realização ilustrada) é geralmente maximizado. O deslocamento transversal da guia de ondas 121 consiste, de maneira apropriada, em expansão transversal da guia de ondas, mas pode incluir também o 10 movimento transversal (por exemplo, flexão) da guia de ondas.

Na realização ilustrada, a configuração da guia de ondas 121 é tal que um plano nodal (isto é, um plano transversal à guia de ondas em que nenhum deslocamento 15 longitudinal ocorra enquanto deslocamento transversal é normalmente maximizado) não está presente. Pelo contrário, a região nodal da guia de ondas ilustrada 121 é geralmente em forma de domo, de tal forma que em qualquer dado local longitudinal da região nodal, ainda pode ocorrer algum 20 deslocamento longitudinal, enquanto que o deslocamento principal da guia de ondas é transversal.

Entretanto, entende-se que a guia de ondas 121 pode ser devidamente configurada para ter um plano nodal 25 (ponto nodal como às vezes é referido) e que o plano nodal de tal guia de ondas seja considerado como tendo o significado de região nodal conforme aqui definido. Também é considerada a possibilidade de o elemento de montagem 79 estar disposto longitudinalmente acima ou abaixo da região nodal da guia de 30 ondas 121 sem se afastar do escopo de aplicação da invenção.

O elemento de montagem 79 está devidamente configurado e disposto no injetor de combustível 21 para isolar a guia de onda 121 das vibrações da carcaça do injetor

de combustível 23. Isto é, o elemento de montagem 25 inibe a transferência de vibração mecânica longitudinal e transversal (por exemplo, radial) da guia de ondas 121 para a carcaça do injetor de combustível 23, mantendo a posição transversal desejada da guia de ondas no interior da câmara de alta pressão 55 e permitindo o deslocamento longitudinal da guia de ondas dentro da carcaça do injetor de combustível. Como exemplo, geralmente o elemento de montagem 79 da realização ilustrada consiste em um segmento do anel interno 187 estende-se transversalmente (por exemplo, radialmente na realização ilustrada) para fora da guia de ondas 121, um segmento do anel externo 189 que se estende transversalmente em relação à guia de ondas, espaçado de maneira transversal com o segmento interno e uma placa anular de interconexão 191 que se estende transversalmente entre os segmentos internos e externos e os interligando. Embora os segmentos interno e externo 187 e 189 e a placa de interconexão 191 se estendam de maneira contínua sobre a circunferência da guia de ondas 121, entende-se que um ou mais desses elementos possam ser descontínuos em relação à guia de ondas, como na forma de raios da roda, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção.

Na realização ilustrada na Fig. 6a, geralmente o segmento interior 187 do elemento de montagem 79 tem uma superfície superior plana que define o ombro 149 sobre o qual o dispositivo de excitação 145, por exemplo, os anéis piezoelétricos 147, está assentado. Uma superfície inferior 193 do segmento interno 187 é contornada de maneira apropriada à medida que se estende adjacente à guia de ondas 121 até sua conexão com a placa de interligação 191 e de maneira mais apropriada, tem um contorno radial misto. Em particular, o contorno da superfície inferior 193, na junção da placa 191 e o segmento interior 187 do elemento de

montagem 79 tem um contorno com raio convenientemente menor (por exemplo, mais afilado, menos cônico ou parecendo ter mais cantos), para facilitar a distorção da placa durante a vibração da guia de ondas 121. O contorno da superfície inferior 193, na junção do segmento interior 79 do elemento de montagem 121 e a guia de ondas 191, de maneira conveniente, tem um raio relativamente maior (por exemplo, um contorno mais afilado ou suave) para reduzir a tensão no segmento interno da montagem, quando da distorção da placa de interligação 187, durante a vibração da guia de ondas.

O segmento externo 189 do elemento de montagem 79 é configurado para se assentar contra um ombro formado pelo bocal 27, geralmente adjacente à extremidade superior 33 do bocal. Como visto melhor na Fig. 6, a dimensão transversal interna (por exemplo, o diâmetro interno) do bocal 27 é em forma de degraus para dentro e adjacente a extremidade superior 33 do bocal, por exemplo, longitudinalmente abaixo do elemento de montagem 79, de modo que esse bocal fique longitudinalmente espaçado a partir da superfície de contorno inferior 193 do segmento interno 187 e da placa de interligação 191 do elemento de montagem, para permitir o deslocamento do elemento de montagem durante a vibração ultrassônica da guia de ondas 121. O elemento de montagem 79 tem seção transversal de tamanho apropriado, de modo que pelo menos uma aresta da borda externa do segmento externo 189 esteja disposta longitudinalmente entre o ombro do bocal 27 e a extremidade inferior 31 do corpo principal 25 da carcaça do injetor de combustível 23 (ou seja, a superfície do corpo principal que se assenta contra a extremidade superior 33 do bocal). O elemento de retenção de 29 do injetor de combustível 21 impele o bocal 27 e o corpo principal 25 em conjunto para prender a aresta da borda do

segmento do elemento de montagem do segmento externo 189 entre elas.

A placa de interconexão 191 é fabricada para ser relativamente mais fina do que os segmentos interno e externo 187 e 189 do elemento de montagem 79, para permitir que a placa flexione e/ou se curve de maneira mais fácil em resposta à vibração ultrassônica da guia de ondas 121. Como exemplo, em uma realização, a espessura da placa de interconexão 191 do elemento de montagem 79 pode estar no intervalo entre 0,2 mm e 1 mm, e de maneira mais apropriada, cerca de 0,4 mm. A placa de interconexão 191 do elemento de montagem 79, de maneira apropriada, consiste em pelo menos um componente axial 192 e pelo menos um componente transversal 194 (por exemplo, radial na realização ilustrada). Na realização ilustrada, a placa de interligação 191 tem um par de componentes axiais 192 espaçados transversalmente, conectados pelo componente transversal 194, de tal forma que a placa tem uma seção transversal em forma de U.

Entretanto, entende-se que outras configurações que tenham pelo menos um componente axial 192 e pelo menos um componente transversal 194 são adequadas, como por exemplo, em forma de L, em forma de H, em forma de I, em forma de U invertido, em forma de L invertido e similares, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção. Outros exemplos adicionais de configurações de placas de interconexão 191 apropriadas são ilustrados e descritos na patente US6.676.003, cuja divulgação é aqui incorporada na medida em que seja aqui consistente.

Os componentes axiais 192 da placa 191 dependem dos respectivos segmentos interno e externo 187 e 189 do elemento de montagem e geralmente estão em cantiléver

em relação ao componente transversal 194. Em conformidade, o componente axial 192 é capaz de se curvar e/ou flexionar dinamicamente em relação ao segmento externo 189 do elemento de montagem, em resposta ao deslocamento transversal por 5 vibração do segmento interno 187 do elemento de montagem, para dessa forma isolar a carcaça 23 do deslocamento transversal da guia de ondas. O componente transversal 194 da placa 191 está em cantiléver em relação aos componentes axiais 192, de forma que o componente transversal é capaz de 10 se curvar e flexionar dinamicamente em relação aos componentes axiais (e, dessa forma, em relação ao segmento externo 189 do elemento de montagem) em resposta ao deslocamento axial por vibração do segmento interno 187 para, dessa forma, isolar a carcaça 23 do deslocamento transversal 15 da guia de ondas.

Na realização ilustrada, a guia de ondas 121 se expande radialmente à medida que se desloca de maneira ligeiramente axial na região nodal (por exemplo, onde o 20 elemento de montagem 79 está conectado à guia de ondas) durante a excitação ultrassônica da guia de ondas. Em resposta, geralmente o elemento de interconexão 191 em forma de U (por exemplo, os componentes axial e transversal 192 e 194) se flexiona e curva e, mais particularmente oscila em 25 relação ao segmento externo 189 fixo do elemento de montagem 79, por exemplo, semelhante à maneira pela qual um desentupidor de pia oscila conforme o deslocamento axial do cabo do desentupidor. Assim, a placa de interconexão 79 isola a carcaça do injetor de combustível 23 da vibração 30 ultrassônica da guia de ondas 121 e, na realização ilustrada, isola de maneira mais particular o segmento externo 189 do elemento de montagem do deslocamento vibratório do segmento interno 187. Tal configuração do elemento de montagem 79 também fornece largura de banda suficiente para compensar os

deslocamentos da região nodal que possam ocorrer durante o funcionamento normal. Em particular, o elemento de montagem 79 pode compensar alterações na localização real de tempo da região nodal que surjam durante a transferência real de energia ultrassônica através da guia de ondas 121. Tais alterações ou mudanças podem ocorrer, por exemplo, devido a mudanças na temperatura e/ou outras condições ambientais dentro da câmara de alta pressão 55.

10 Ainda que na realização ilustrada, os segmentos interno e externo 187 e 189 do elemento de montagem 79 estejam dispostos, de maneira geral, no mesmo local longitudinal em relação à guia de ondas, entende-se que os segmentos interno e externo possam estar longitudinalmente
15 deslocados um em relação ao outro, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção. Também se considera a possibilidade de que a placa de interconexão 191 possa consistir em apenas um ou mais componentes axiais 192 (por exemplo, o componente transversal 194 pode ser omitido) e
20 permanecer dentro do âmbito da presente invenção. Por exemplo, onde a guia de ondas 121 tem um plano nodal e o elemento de montagem 79 esteja localizado no plano nodal, o elemento de montagem somente precisa ser configurado para isolar o deslocamento transversal da guia de ondas. Em uma
25 modalidade alternativa (não mostrada), considera-se que o elemento de montagem possa estar disposto ou adjacente a uma região antinodal da guia de ondas, como em uma das extremidades opostas 123 e 129 da guia de ondas. Em tal realização, a placa de interconexão 191 pode consistir em
30 apenas um ou mais componentes transversais 194 para isolar o deslocamento axial da guia de ondas (ou seja, ocorre pouco ou nenhum deslocamento transversal na região antinodal).

Em uma realização particularmente apropriada, o elemento de montagem 79 consiste em uma peça de construção única. Até mesmo mais apropriado, o elemento de montagem 79 pode ser formado integralmente pela guia de ondas 121 conforme ilustrado na Fig. 6. Entretanto, entende-se que o elemento de montagem 79 possa ser fabricado de forma separada da guia de ondas 121 e permanecer dentro do âmbito da presente invenção. Também se entende que um ou mais componentes do elemento de montagem 79 possa ser construído separadamente e ser conectado de maneira apropriada ou, de outra forma, montado em conjunto.

Em uma realização apropriada, geralmente o elemento de montagem 79 é fabricado para ser rígido (por exemplo, resistente ao deslocamento estático quando sujeito a cargas), de modo a manter a guia de ondas 121 (e, conseqüentemente a agulha da válvula 53) no alinhamento apropriado dentro da câmara de alta pressão 55. Por exemplo, o elemento de montagem rígido em uma realização pode ser fabricado de um material não elastomérico, de metal mais apropriado e até mesmo do mesmo metal mais apropriado, com o qual a guia de ondas foi fabricada. Entretanto, o termo rígido não significa que o elemento de montagem não possa se flexionar e/ou curvar dinamicamente em resposta à vibração ultrassônica da guia de ondas. Em outras modalidades, o elemento rígido de montagem pode ser fabricado com um material elastomérico que seja suficientemente resistente ao deslocamento estático sob carga, mas é de outra maneira dinâmica capaz de encurvamento e/ou flexão em resposta à vibração ultrassônica da guia de ondas. Ainda que o elemento de montagem 79 ilustrado na Fig. 6 seja feito de metal, e mais adequadamente fabricado com o mesmo material que a guia de ondas 121, considera-se que o elemento de montagem possa ser feito com outros materiais apropriados geralmente

rígidos, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção.

Com referência às Figs. 6 e 8, o caminho de
5 fluxo ao longo do qual o combustível flui dentro da câmara de
alta pressão 55 da carcaça do injetor de combustível 23 é
definida, em parte, pelo espaço transversal entre a
superfície interna do bocal 27 e a superfície externa do
segmento inferior 133 da guia de ondas 121 (por exemplo, sob
10 o elemento de montagem 79), e entre a superfície interna do
corpo principal 25 e as superfícies externas do dispositivo
de excitação 145, o colar 151 e a luva 155 (por exemplo,
acima do elemento de montagem). O caminho do fluxo de
combustível está em comunicação fluídica com a entrada de
15 combustível 57 do corpo principal 25 da carcaça do injetor
23, geralmente na luva 155, de tal forma que o combustível a
alta pressão que entra no caminho de fluxo, vindo da entrada
de combustível, flua para baixo (na realização ilustrada) ao
longo do caminho de fluxo em direção à ponta do bocal 27,
20 para retirada do bocal 27 através das portas de exaustão 83.
Conforme descrito anteriormente, o combustível adicional a
alta pressão flui dentro da passagem interior 127 121 da guia
de ondas entre a guia de ondas e a agulha de válvula 53.

25 Devido ao fato de o elemento de montagem 79
se estender transversalmente até a guia de ondas 121 dentro
da câmara de alta pressão 55, geralmente a extremidade
inferior 31 do corpo principal 25 e a extremidade superior 33
do bocal 27 estão configurados de maneira apropriada para
30 permitir que o caminho do fluxo de combustível se desvie ao
redor do elemento de montagem, à medida que o combustível
flui dentro da câmara de alta pressão. Por exemplo, conforme
melhor ilustrado na Fig. 10, os canais apropriados 199 são
formados na extremidade inferior 31 do corpo principal 25, em

comunicação fluídica com o caminho de fluxo antes do elemento de montagem 79 e alinhados com os respectivos canais 201 formados na extremidade superior 33 do bocal 27, que está em comunicação fluídica com o caminho de fluxo e a jusante do elemento de montagem. Consequentemente, o combustível a alta pressão que flui da entrada de combustível 57 para baixo, ao longo do caminho de fluxo antes do elemento de montagem 79 (por exemplo, entre o corpo principal 25 e a luva 155/colar 151/ anéis piezoelétricos 147) é direcionado através dos canais 199 do corpo principal, ao redor do elemento de montagem e através dos canais 201 do bocal 27, para o caminho de fluxo a jusante do elemento de montagem (por exemplo, entre o bocal e a guia de ondas 121).

Em uma realização, o injetor de combustível é acionado por um sistema de controle apropriado (não mostrado) para controlar o funcionamento da válvula solenóide e funcionamento do dispositivo de excitação 145. Tais sistemas de controle são conhecidos por pessoas com habilidade normal na arte e, portanto não são descritos aqui em mais detalhes, salvo na medida do necessário. A menos que esteja ocorrendo uma operação de injeção, a agulha da válvula 53 é forçada pela mola 111 do orifício 35 do corpo principal 25 para a posição fechada, com a extremidade terminal 115 da agulha da válvula de vedação em contato com a ponta do bocal 81 para fechar as portas de exaustão 83. A válvula solenóide provê um fechamento na reentrância 95 formada na cabeça 87 do suporte de pino 47, para fechar o orifício 97 que se estende longitudinalmente através do suporte do pino. Nenhuma corrente é fornecida pelo sistema de controle para o conjunto da guia de ondas na posição fechada da agulha de válvula 53.

O combustível a alta pressão flui de uma fonte de alimentação de combustível (não mostrada) para o

injetor de combustível 21, na entrada de combustível 57 da
carcaça 23. Sistemas apropriados de liberação de combustível,
para a liberação apropriada de combustível pressurizado de
uma fonte de combustível para o injetor de combustível 21 são
5 conhecidos na arte e não precisam de maior descrição aqui. Em
outra realização, o combustível a alta pressão pode ser
liberado para o injetor de combustível 21 a uma pressão entre
cerca de 8,000 psi (550 bar) e cerca de 30,000 psi (2.070
bar). O combustível a alta pressão flui através do canal de
10 distribuição superior 59 do corpo principal 25 para a
abertura anular 99 entre o corpo principal do suporte de pino
47, e através do canal de alimentação 101 do suporte do pino,
para o canal interno 91 do suporte de pino acima do pino 93 e
para cima, através do orifício 97 do suporte de pino. O
15 combustível a 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,
ambos externos à guia de ondas 121 e dentro da passagem
20 interior 127 da guia de ondas. Nessa condição, o combustível
a alta pressão antes do pino 93, junto com o impulso da mola
111, impede que o combustível a alta pressão entre na câmara
de alta pressão 55 mantendo a agulha da válvula 53 em sua
posição aberta.

25

Quando o sistema de controle do injetor
determina que é necessária uma injeção de combustível para o
motor a combustão, a válvula solenóide é energizada pelo
sistema de controle para abrir o orifício 97 do suporte do
30 pino, de modo que o combustível a alta pressão flua para fora
do suporte do pino, para o canal de retorno de combustível
71, na extremidade 37 do corpo principal 25 como combustível
a pressão menor, dessa forma reduzindo a pressão do
combustível (por exemplo, antes) depois do pino 93 dentro do

suporte do pino. Assim, o combustível a alta pressão na câmara de alta pressão 55 agora é capaz de forçar a agulha da válvula 53 de encontro à 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 tem espaço suficiente da ponta do bocal 81 das portas de exaustão 83 para permitir que o combustível na câmara de alta pressão 55 saia através das portas de exaustão.

Na energização da válvula solenóide para fazer com que a agulha da válvula 53 se mova para sua posição aberta, como ocorre de maneira aproximadamente concorrente e imediata, o sistema de controle também aciona o gerador de corrente elétrica de alta frequência para liberar corrente para o dispositivo de excitação 145, isto é, os anéis piezoelétricos 147 na realização ilustrada, através do anel de contato 165 fiação elétrica apropriada 183 que conecta eletricamente o anel de contato aos anéis piezoelétricos. Conforme descrito anteriormente, os anéis piezoelétricos 147 são forçados a se expandir e se contrair (particularmente no sentido longitudinal do injetor de combustível 21), geralmente na frequência ultrassônica à qual a corrente é liberada para o dispositivo de excitação 145.

A expansão e a contração dos anéis 147 faz com que o segmento superior 131 da guia de ondas 121 se alongue e contraia ultrassonicamente (por exemplo, geralmente na mesma frequência à qual os anéis piezoelétricos se expandem e contraem). Dessa forma, o alongamento e a contração do segmento superior 131 da guia de ondas 121 excita a guia de ondas (por exemplo, de maneira apropriada na frequência de ressonância das guia de ondas), e em particular ao longo do segmento inferior 133 da guia de ondas, gerando vibração ultrassônica da guia de ondas ao longo do segmento inferior

e, em particular, na porção expandida 195 do segmento inferior, na extremidade terminal 123 do mesmo.

Na posição aberta da agulha da válvula 53, o
5 combustível a alta pressão na câmara de alta pressão 55 flui
ao longo do caminho de fluxo e, em particular, após a
extremidade terminal 123, que vibra de maneira ultrassônica,
da guia de ondas 121 até as portas de exaustão 83 da ponta do
bocal 81. É aplicada energia ultrassônica na extremidade
10 terminal 123 da guia de ondas de 121 pouco antes do
combustível a alta pressão (ao longo do caminho de fluxo) das
portas de exaustão 83, geralmente para atomizar o combustível
(por exemplo, para diminuir o tamanho das gotas e reduzir
distribuição do tamanho das gotas de combustível que saem do
15 injetor 21) A energização ultrassônica do combustível antes
que saia das portas de exaustão 83 gera uma pulsação,
normalmente em spray no formato de cone do combustível
líquido atomizado liberado na câmara de combustão do injetor
de combustível 21.

20

Na realização ilustrada das Figs. 1 a 10 e
conforme aqui descrito anteriormente, a operação do pino 93,
e em consequência, da agulha da válvula 53, é controlada pela
válvula solenóide (não mostrada). Entretanto, entende-se que
25 outros dispositivos, como, mas não se limitando a,
dispositivos acionados por excêntrico, dispositivos acionados
de maneira piezelétrica ou magnetostriativa, dispositivos
acionados hidraulicamente ou outros dispositivos mecânicos
apropriados, com ou sem válvulas de amplificação de fluido,
30 podem ser usadas para controlar o funcionamento da agulha da
válvula, sem se afastar do escopo de aplicação desta
invenção.

A Figura 11 ilustra uma segunda realização de um dispositivo de liberação ultrassônica de líquido, indicado de maneira geral em 421, da presente invenção. O dispositivo 421 desta segunda realização está amplamente descrito aqui, com referência a qualquer dispositivo acionado ultrassonicamente em que um spray pressurizado de líquido é espargido do dispositivo após a aplicação de energia ultrassônica ao líquido, considerando-se que tal dispositivo pode ter aplicação em aparelhos como, mas não se limitando a, nebulizadores e outros dispositivos de liberação de medicamentos, equipamento de moldagem, umidificadores, aparelhos de injeção de combustível para motores, sistemas de distribuição de tinta, sistemas de mistura, sistemas de homogeneização, sistemas de secagem de spray, sistemas de refrigeração e outras aplicações em que se utilize um spray de líquido gerado ultrassonicamente.

O dispositivo ilustrado 421 consiste em uma carcaça, normalmente designada em 423, que tem uma entrada 457 para receber líquido na carcaça. O líquido é pressurizado de maneira apropriada entre pouco acima de 0,0 psi (0,0 bar) a acerca de 50,000 psi (3,450 bar). Na realização ilustrada, a carcaça 423 consiste em pelo menos um elemento de carcaça superior 425 (em relação à orientação vertical do dispositivo 421 ilustrado na Fig. 11) e um elemento de carcaça inferior. A extremidade inferior 431 da carcaça do elemento superior 425 se assenta contra uma extremidade superior 433 do elemento inferior da carcaça 427 e os elementos da carcaça são presos entre si por um conjunto conector rosqueado apropriado 429. Em conjunto, os elementos da carcaça superior e inferior 425 e 427 definem uma câmara interna 455, em comunicação fluídica com a entrada 457. O elemento da carcaça inferior 427 possui um orifício rosqueado 480 que se estende axialmente, formado em sua parte inferior, onde é rosqueado

uma inserção 482 aí, de tal forma que a inserção define adicionalmente a carcaça 423 do dispositivo 421. Uma porta de exaustão 483 se estende axialmente através da inserção 482 para definir de maneira ampla uma porta de exaustão da carcaça 423 através da qual o líquido é retirado da carcaça.

Apesar da inserção 482 ilustrada na Fig. 11 ter somente uma porta de exaustão 483, considera-se que a inserção pode consistir em mais do que uma porta de exaustão. Também se considera a possibilidade de que a inserção 483 possa ser omitida por completo e parte inferior do elemento da carcaça inferior 427 normalmente fica fechado com uma ou mais portas de exaustão nele formada. Normalmente, a carcaça 423 da realização ilustrada é cilíndrica, mas pode ter qualquer forma e tamanho, dependendo pelo menos em parte da quantidade desejada de líquido que será liberada dentro da carcaça antes da liberação, a quantidade e tamanhos das portas de exaustão e da frequência operacional em que o dispositivo funciona. Também se considera que o elemento da carcaça inferior 427 possa ser configurado de maneira similar ao bocal 27 da realização das Figs. 1 a 10, com uma ou mais portas de exaustão 83 formada em uma ponta do bocal 81.

A entrada de líquido 457 se estende transversalmente através da parede lateral 552 do elemento de carcaça inferior 427 na comunicação fluídica com a câmara interna 455 da carcaça 423. Entretanto, considera-se que na realidade a entrada de líquido 457 possa estar disposta em qualquer lugar ao longo da lateral do elemento inferior da carcaça 427, ou ao longo da lateral do elemento superior da carcaça 425, ou até mesmo se estender axialmente através da parte superior do elemento superior da carcaça e manter-se dentro do escopo da presente invenção. Dessa forma, a câmara interna 455 ilustrada na Fig. 11 define, de maneira ampla, um

caminho de fluxo de líquido ao longo do qual o líquido flui dentro da carcaça 423 para a porta de exaustão 483 para retirar o líquido da carcaça.

5 O dispositivo 423 ilustrado na Fig. 11 não possui um elemento de válvula (por exemplo, um elemento de válvula similar à agulha da válvula 53 da realização das Figs. 1 a 10) ou outro componente disposto dentro da carcaça, para controlar o fluxo de líquido para a porta de exaustão
10 483. Em vez disso, nessa segunda realização, o líquido pode fluir continuamente de dentro da câmara interna 455 para a porta de exaustão 483. Entretanto, entende-se que um sistema de controle apropriado (não mostrado) externo da carcaça 423 possa controlar o fluxo de líquido para a entrada da carcaça
15 457 para dessa forma controlar a liberação de líquido para a porta de exaustão 483 sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção.

Um conjunto alongado de guia de ondas, normalmente indicado como 550, se estende axialmente da carcaça 423 (por exemplo, no sentido longitudinal ou vertical da carcaça ilustrada na Fig. 11) e está inteiramente disposto dentro da câmara interna 455 da carcaça. Em particular, o conjunto da guia de ondas 550 pode ser construído de maneira
20 apropriada e substancialmente da mesma maneira que o conjunto de guia de ondas 150 do injetor de combustível 21 da realização das Figs. 1 a 10. A extremidade terminal 523 da guia de ondas 521 do conjunto 550 está disposto de maneira apropriada próximo à porta de exaustão 483. O termo "próximo"
25 é usado aqui somente no sentido qualitativo para significar que a energia ultrassônica é comunicada pela extremidade terminal 523 da guia de ondas 521 ao líquido na câmara interna 455 pouco antes do líquido entrar na porta de exaustão 483, e não se pretende que refira a um espaçamento

específico entre a porta de exaustão e a extremidade terminal da guia de ondas.

Conforme ilustrado na Fig. 11, a dimensão transversal interna da parede lateral 552 do elemento inferior da carcaça 427 se reduz na direção da extremidade inferior 481 do elemento inferior da carcaça. Dessa forma, a porção alargada 695 em e/ou adjacente à extremidade terminal 523 da guia de ondas 521 é espaçada de maneira bem próxima ou tem até mesmo um relacionamento de contato com a parede lateral 552 em direção à extremidade inferior 481 do elemento inferior da carcaça 427, como por exemplo, logo antes (em relação ao sentido de fluxo do líquido pressurizado dentro da câmara interna 455 para a porta de exaustão 483) da porta de exaustão de modo que o caminho do fluxo do líquido dentro da carcaça se estreite na e/ou adjacente à extremidade terminal da guia de ondas.

Entretanto, entende-se que a extremidade terminal 523 da guia de ondas 521 (ou outro segmento a partir daí) não precise estar em relacionamento espaçado de maneira próxima com a parede lateral 552 do elemento inferior da carcaça 427 para permanecer dentro do escopo desta invenção. Por exemplo, a dimensão transversal externa da guia de ondas 521 pode ser substancialmente uniforme ao longo de seu comprimento em vez de ter a parte ampliada 695, ou pode estreitar na extremidade terminal 523 da guia de ondas. Alternativamente ou adicionalmente, a dimensão transversal interna da parede lateral 552 do elemento inferior da carcaça 427 pode não se reduzir na direção da extremidade 481 do elemento inferior da carcaça.

A guia de ondas 521 é interconectada de maneira apropriada à carcaça 423 dentro da câmara interna 455

por um elemento de montagem 479 que se estende transversalmente e construído de maneira substancialmente similar ao elemento de montagem 79 da realização das Figs. 1 a 10, Assim, o elemento de montagem 479 está isolado em termos de vibração da carcaça 423 em relação à vibração mecânica da guia de ondas 521. O segmento externo 689 do elemento de montagem 479 está preso entre a extremidade inferior 431 do elemento superior da carcaça 425 e a extremidade superior 433 do elemento inferior da carcaça 427.

10 As portas apropriadas (não mostradas, mas similares às portas 199 a 201 ilustradas na realização das Figs. 1 a 10) podem ser formadas nos elementos superior e inferior da carcaça 425, 427, onde o segmento externo 689 do elemento de montagem 479 é preso para permitir o fluxo de líquido

15 longitudinalmente dentro da câmara interna após o elemento de montagem.

O conjunto da guia de ondas 550 também consiste no dispositivo de excitação 545 (por exemplo, os anéis piezelétricos 547 na realização ilustrada), que é comprimido contra o elemento de montagem 479 pelo colar 551, preso por rosqueamento ao segmento superior 531 da guia de ondas 521. A corrente elétrica é fornecida ao dispositivo de excitação 545 por uma fiação apropriada (não mostrada, mas

20 similar à fiação 181, 183 da realização das Figs. 1 a 10) que se estende através da lateral da carcaça 423 e conectado eletricamente ao anel de contato 683 dentro da câmara interna 455.

30 Quando em funcionamento, o líquido é liberado para a entrada de líquido 457 da carcaça 423, para fluir ao longo do caminho de fluxo, como por exemplo, dentro da câmara interna 455, para a porta de exaustão 483. À medida que o líquido pressurizado flui para após a extremidade terminal

523 da guia de ondas 521 e para porta de exaustão 483, o conjunto de guia de ondas 450 funciona de maneira substancialmente similar ao do conjunto da guia de ondas 150 do injetor de combustível 21 das Figs. 1 a 10 para fazer
5 vibrar ultrassonicamente a extremidade terminal da guia de ondas, de maneira igual à de uma corneta ultrassônica. A energia ultrassônica é dessa forma comunicada pela extremidade terminal 523 da guia de ondas 521 ao líquido um pouco antes do líquido entrar na porta de exaustão 483 para
10 atomizar o líquido (por exemplo, para diminuir o tamanho de gota e estreitar a distribuição de tamanho de gotas do líquido que sai do dispositivo 421). Normalmente, a energização por ultrassom do líquido antes de sair pela porta de exaustão 483 produz uma pulsação, geralmente como um spray
15 em forma de cone de líquido atomizado liberado a partir do dispositivo 421.

A Figura 12 ilustra um dispositivo de liberação ultrassônica de líquido, indicado de maneira geral
20 em 821, em conformidade com uma terceira realização da presente invenção. O dispositivo 821 desta terceira realização é similar ao da segunda realização, exceto que o conjunto de guia de ondas 950 desta terceira realização está ilustrado como estando parcialmente disposto dentro da câmara
25 interna 855 da carcaça 823. A carcaça 823 desta terceira realização consiste em um elemento 825 que define a câmara interna 855 e um fechamento 826 (por exemplo, um fechamento anular na realização ilustrada) preso por rosqueamento sobre uma extremidade superior aberta 837 do elemento da carcaça
30 para definir melhor a carcaça e prender um segmento externo de carcaça 1089 do elemento de montagem 879 entre o fechamento e o elemento da carcaça para dessa forma prender o elemento de montagem (e, portanto o conjunto da guia de ondas 850) no lugar. Dessa forma, o elemento de montagem 879 isola

a carcaça 823 das vibrações mecânicas da guia de ondas 921 conforme descrito anteriormente em conexão com a primeira e segunda realizações. A inserção 882 desta terceira realização está ilustrada como tendo diversas portas de exaustão 883.

5

Na realização ilustrada na Fig. 12, o segmento inferior 933 da guia de ondas 921 se estende inteiramente para dentro da câmara interna 855 enquanto que o segmento superior 931 da guia de ondas se estende axialmente para cima, a partir do elemento de montagem 879 externamente à carcaça 823. O dispositivo de excitação 945, como por exemplo, os anéis piezelétricos 947, estão dispostos exteriormente à carcaça 823, ao longo do colar 951 que comprime os anéis contra a superfície superior do elemento de montagem 879. A corrente elétrica pode ser liberada para o dispositivo de excitação 945 por uma fiação apropriada (não mostrada) sem que a luva 155, o anel de contato 165 e o anel guia 167 associados com o injetor de combustível 21 ilustrado nas Figs. 1 a 10 sejam necessários. Entretanto, entende-se que tal luva, anel de contato e anel guia possam estar incorporados ao dispositivo 821 ilustrado na Fig. 12 sem se afastar do escopo desta invenção.

As Figs. 13 a 16 ilustram uma quarta realização de um dispositivo de liberação ultrassônica de líquido, indicado de maneira geral em 1021. O dispositivo 1021 desta realização é descrito aqui como útil como injetor de combustível. Entretanto, de maneira mais ampla, ele pode ser usado em qualquer aplicação em que um spray de líquido pressurizado é retirado de um dispositivo após a aplicação de energia ultrassônica no líquido, considerando-se que tal dispositivo possa ter aplicação em aparelhos como, sem limitação, nebulizadores e outros dispositivos de administração de medicamentos, equipamentos de moldagem,

umidificadores, aparelhos de injeção de combustível para motores, sistemas de pulverização de pintura, sistemas de distribuição de tinta, sistemas de mistura, sistemas de homogeneização, sistemas de secagem por spray, sistemas de refrigeração e outras aplicações em que se utiliza um spray de líquido gerado por ultrassom.

Em muitos aspectos, o dispositivo ilustrado 1021 é similar ao dispositivo 21 descrito nas Figs. 1-10, O dispositivo 1021 consiste em uma carcaça, de modo geral indicada em 1023, tendo uma entrada 1025 para o fluxo de líquido pressurizado, por exemplo, combustíveis, de uma fonte (não mostrada) de líquido para uma câmara interna 1031 definida pela carcaça. O líquido pressurizado é liberado na forma de um spray atomizado de gotículas de combustível para o motor, como uma câmara de combustão do motor. Na realização ilustrada, a carcaça 1023 consiste em um corpo principal alongado 1033, um bocal 1037 (às vezes também referido como corpo de válvula) e um elemento de retenção 1039 (por exemplo, uma porca), mantendo o corpo principal, o bocal e a porca montados em conjunto. Em particular, uma extremidade inferior 1041 do corpo principal 1033 se assenta contra uma extremidade superior 1043 do bocal 1037 (Figs. 13 e 14). O elemento de retenção 1039 prende de maneira apropriada (por exemplo, prende com rosca) à superfície externa do corpo principal 1033, juntando as extremidades de contato 1041, 1043 do corpo principal e do bocal 1037.

Os termos "superior" e "inferior" são aqui utilizados de acordo com a orientação vertical do injetor de combustível 1021 ilustrado nos diversos desenhos e não servem para descrever uma orientação necessária do injetor de combustível em uso. Isto é, entende-se que o injetor de combustível 1021 possa ser orientado de outra maneira que não

a vertical ilustrada nas figuras e permaneçam dentro do escopo da presente invenção. Aqui, os termos direção axial e longitudinal referem-se à direção longitudinal do injetor de combustível (por exemplo, na direção vertical na realização 5 ilustrada). Os termos transversal, lateral e radial referem-se a uma direção perpendicular à axial (isto é, o sentido longitudinal). Os termos interno e externo também são usados em referência a uma direção transversal à direção axial do injetor de combustível, com o termo interior referindo-se a 10 uma direção para o interior do injetor de combustível e o termo exterior referindo-se a uma direção para o exterior do injetor.

Na realização em particular da Fig. 13, o 15 corpo principal 1033 da carcaça é normalmente cilíndrico e tem uma extremidade superior 1047 e a extremidade inferior 1041 anteriormente mencionada. Conforme ilustrado, o corpo principal 1033 é uma peça de construção única, mas pode ser formado de várias partes. Um orifício axial 1049 estende-se 20 longitudinalmente através do corpo principal e define uma porção (por exemplo, uma porção superior) da câmara interna 1031 da carcaça. A extremidade superior do orifício 1049 é fechada por um plugue 1053, que pode ter uma conexão que pode ser solta (por exemplo, uma conexão rosqueada) com o corpo 25 principal 1033. Alternativamente, a extremidade superior do orifício 1049 pode ficar permanentemente fechada.

A entrada de combustível 1025 da carcaça 1023 é formada na lateral do corpo principal 1033 da carcaça, 30 intermediária entre suas extremidades superior e inferior 1041, 1047. A entrada 1025 se comunica com a câmara interna 1031 definida pela carcaça. A entrada 1025 foi construída da mesma maneira que a entrada 57 da primeira realização (Figs. 1 a 10). Entende-se que a entrada de combustível 1025 possa

estar localizada em uma posição que não a ilustrado na Fig. 13, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção. Além disso, a entrada pode ter outras configurações.

5 Ainda em relação à Fig. 13, o bocal 1037
ilustrado é normalmente alongado e está alinhado coaxialmente
com o corpo principal 1033 da carcaça do injetor de
combustível 1023. Em particular, o bocal 1037 tem um segmento
superior com diâmetro maior 1057 que termina na extremidade
10 1043 do bocal e um segmento inferior menor 1059 que se
estende para baixo, a partir de um ombro radial exterior 1061
do bocal. A porca de retenção 1039 é apertada contra esse
ombro 1061 quando a porca é apertada contra o corpo principal
1033 da carcaça 1023. O segmento inferior 1059 do bocal 1037
15 possui uma extremidade inferior cônica 1061, também
referenciada como ponta de bocal. Um orifício axial 1075
(Fig. 14) estende-se longitudinalmente através do bocal e
está alinhado coaxialmente com orifício axial 1049 do corpo
principal 1033, especialmente na extremidade mais baixa 1041
20 do corpo principal, de modo que os furos através do corpo
principal e bico definem, em conjunto, a câmara interna 1031
da carcaça do injetor de combustível 1033.

 Uma ou mais portas de exaustão 1083 (uma das
25 quatro portas é visível nas Figs. 13 e 16) são formadas no
bocal 1037, como na ponta 1061 do bocal na realização
ilustrada, através da qual o combustível a alta pressão é
retirado da carcaça 1023 para liberação para o motor. Como
exemplo, em uma realização apropriada, o bocal 1037 pode ter
30 oito portas de exaustão 1083, e cada porta de exaustão pode
ter um diâmetro de cerca de 0,006 polegada (0,15 mm). No
entanto, entende-se que o número de portas de exaustão 1083 e
o seu diâmetro pode variar sem se afastar do escopo de
aplicação desta invenção.

Além disso, o dispositivo de liberação de líquido 1021 consiste em um conjunto de guia de ondas, de maneira geral indicado em 1101. O conjunto da guia de ondas inclui uma guia de ondas 1103, um elemento de montagem 1105
5 que dispõe a guia de ondas na carcaça 1023 e um dispositivo de excitação indicado de maneira geral em 1109 para excitar de maneira ultrassônica a guia de ondas. Em geral, a guia de ondas 1103 consiste em uma porção alongada 1113 que se estende longitudinalmente da carcaça 1023 e um elemento de
10 válvula 1115 móvel em relação à carcaça, entre uma posição fechada em que líquido dentro da câmara interna 1031 é impedido de sair da carcaça através da(s) porta(s) de exaustão 1083 no bocal de 1037, e uma posição aberta na qual o líquido pode sair da carcaça, através da(s) porta(s) de
15 exaustão.

Nesta realização em particular, é providenciado um atuador indicado de maneira geral em 1121 para mover a guia de ondas 1103 entre as posições
20 correspondentes às posições aberta e fechada do elemento de válvula 1115. É desejável que a guia de ondas 1103 seja excitada por ultrassom quando o elemento de válvula de 1115 da guia de ondas estiver em sua posição aberta para atomizar o líquido que sai da carcaça através da(s) porta(s) de
25 exaustão 1083. Dessa forma, nesta realização, não há necessidade de uma agulha da válvula separada 53, conforme descrito na primeira realização (Figs. 1 a 10).

A guia de ondas ultrassônica 1103 é formada
30 separada da carcaça do injetor de combustível 1023. A porção alongada 1113 e o elemento de válvula 1115 da guia de ondas se estende longitudinalmente da câmara interna 1031 da carcaça 1023. Na realização ilustrada, a extremidade superior 1121 da porção alongada 1113 corresponde à extremidade

superior da guia de ondas 1103 e a extremidade inferior 1125 do elemento de válvula corresponde à extremidade inferior do terminal da guia de ondas localizado ao lado da ponta 1061 e do bocal 1037. A porção alongada 1113 da guia de ondas
5 consiste em um primeiro segmento (inferior na Fig. 13) 1113A, geralmente disposto sob o elemento de montagem 1105 e um segundo segmento (superior) 1113B, geralmente disposto acima do elemento de montagem. Na realização da Fig. 13, o primeiro e o segundo segmentos 1113A, 1113B são coaxiais e formados
10 como unidade integral (peça única) consistindo em um cilindro sólido com seção transversal circular. No entanto, entende-se que os dois segmentos podem ser formados como partes separadas e que a porção alongada de 1113 da guia de ondas 1103 pode ter formas transversais sólidas, sem se afastar do
15 escopo de aplicação desta invenção. A porção alongada 1113 também pode ser tubular ao longo de todo o seu comprimento ou somente ao longo de parte do seu comprimento.

Com referência particular à Fig. 13, a
20 superfície externa (exterior) da porção alongada 1113 da guia de ondas é espaçada transversalmente a partir do corpo principal 1033 e do bocal 1037 da carcaça 1023, para definir um caminho de fluxo, como por exemplo, um caminho anular de fluxo, ao longo do qual o combustível a alta pressão flui da
25 entrada de combustível 1025 para a(s) porta(s) de exaustão 1083. Em geral, a dimensão transversal externa (por exemplo, o diâmetro externo na realização ilustrada) da porção alongada 1113 da guia de ondas 1103 é substancialmente uniforme em toda sua extensão, exceto quanto à porção
30 alargada 1141, adjacente ao elemento de válvula 1115 na extremidade inferior da guia de ondas. Como exemplo, mas não se limitando a isso, o espaçamento transversal (por exemplo, radial na realização ilustrada) entre a parede lateral do primeiro segmento 1113A da porção alongada 1113 da guia de

ondas 1103 e o bocal 1037 antes (por exemplo, em relação ao sentido em que o combustível flui em direção à(s) porta(s) de exaustão 1083) da porção alargada 1141 é apropriado se no intervalo entre cerca de 0,001 polegada (0,025 mm) e cerca de 5 0,021 polegada (0,533 mm). Entretanto, o espaçamento pode ser menor ou maior do que isso, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção.

A porção alargada 1141 do primeiro segmento 10 (inferior) 1113A da guia de ondas 1103 está configurada de maneira bem similar à porção alargada ou expandida 195 da guia de ondas da primeira realização (Figs. 1 a 10). Em particular, a superfície exterior da porção alargada 1141, adjacente ao elemento de válvula 1115 foi configurado de 15 maneira apropriada e espaçado a partir da superfície interna do bocal 1037 para permitir o fluxo para a(s) porta(s) de exaustão 1083. Em um exemplo, a dimensão transversal desta porção alargada 1141 do segmento inferior da guia de ondas é dimensionado para ficar espaçado de maneira próxima ou até 20 mesmo ter um relacionamento de contato deslizante com o bocal 1037 dentro do orifício central 1075 do mesmo, para manter o alinhamento axial apropriado da guia de ondas 1103 (incluindo o elemento de válvula 1115) dentro da câmara interna 1031 da carcaça. A porção alargada 1141 do segmento inferior 1113A da 25 guia de ondas 1103 também fornece uma área de superfície aumentada e excitada ultrassonicamente à qual o combustível que está fluindo para a(s) porta(s) de exaustão 1083 está exposto. Pode ser feita referência à descrição da porção alargada 195 da guia de ondas da primeira realização (Figs 1 30 a 10) para obter mais detalhes sobre as configurações e dimensões de exemplo.

O elemento de válvula 1115 se estende longitudinalmente na extremidade inferior da guia de ondas

1103 e é geralmente coaxial em relação ao segmento inferior 1113A da porção alongada 1113 da guia de ondas, apesar de que outras configurações podem ser apropriadas. Na realização ilustrada, o elemento de válvula 1115 tem uma dimensão transversal menor do que a da porção alongada 1113 da guia de ondas e se estende para baixo na extremidade cônica da ponta do bocal 1061. O elemento de válvula 1115 possui uma superfície de extremidade terminal cônica 1125 (Fig. 16) que é configurada para vedar de encontro à superfície cônica interna 1145 da ponta do bocal 1061, essencialmente da mesma maneira que a extremidade terminal da agulha da válvula 53 se adapta para vedar de encontro à superfície cônica interior da ponta do bocal 81 na realização das Figs. 1 a 10,

De maneira geral, a guia de ondas 1103 pode ser fabricada com um metal que tenha propriedades acústicas e mecânicas apropriadas. Exemplos de metais adequados para a fabricação da guia de ondas 1103 incluem, sem limitação, alumínio, Monel, titânio e algumas ligas de aço. Também é considerado que a totalidade ou parte da guia de ondas pode ser revestida com outro metal. Em uma realização, a guia de ondas 1103 é uma peça de construção única e formada com o mesmo material em todo o seu comprimento. Entretanto, entende-se que porções da guia de ondas (por exemplo, a parte alongada 1113 e o elemento de válvula 1115) podem ser formados como peças separadas com o mesmo material ou com diferentes materiais, que são presas para formar a guia de ondas.

O elemento de montagem 1105 prende a guia de ondas ultrassônica 1103 dentro da carcaça do injetor de combustível 1023. Conforme mostrado nas Figs. 13 a 15, o elemento de montagem 1105 é conectado de maneira apropriada à guia de ondas 1103, intermediária às extremidades da guia de

ondas. Mais apropriadamente, o elemento de montagem 1105 está ligado à guia de ondas 1103 na região nodal da guia de ondas. Conforme aqui utilizada, "região nodal" da guia de ondas 1103 refere-se a uma região ou segmento longitudinal da guia de ondas, ao longo do qual ocorre pouco (ou nenhum) deslocamento longitudinal durante a vibração ultrassônica da guia de ondas e o deslocamento transversal (por exemplo, radial na realização ilustrada) é geralmente maximizado. O deslocamento transversal da guia de ondas 1103, de maneira apropriada consiste na expansão transversal da guia de ondas, mas pode incluir também outros movimentos transversais (por exemplo, flexão) da guia de ondas.

Na realização ilustrada (Fig. 13), a configuração da guia de ondas 1103 é tal que não existe um plano nodal (isto é, um plano transversal à guia de ondas em que nenhum deslocamento longitudinal ocorre, enquanto o deslocamento transversal é normalmente maximizado). Pelo contrário, a região nodal da guia de ondas é ilustrada de maneira geral em forma de cúpula de tal forma que em qualquer local longitudinal determinado na região nodal, ainda pode ocorrer algum deslocamento longitudinal quando o deslocamento primário da guia de ondas é de deslocamento transversal. Entretanto, entende-se que a guia de ondas pode ser devidamente configurada para ter um plano nodal (ou ponto nodal como às vezes é referido) e que o plano nodal de tal guia de ondas seja considerado como tendo o significado de região nodal conforme aqui definido. Também é considerada a possibilidade de o elemento de montagem 1105 poder ser disposto longitudinalmente acima ou abaixo da região nodal da guia de ondas, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção.

O elemento de montagem 1105 está devidamente configurado e disposto de modo a isolar a carcaça do injetor de combustível 1023 das vibrações da guia de ondas 1103. Isto é, o elemento de montagem 1105 inibe a transferência de
5 vibração mecânica longitudinal e transversal (por exemplo, radial) da guia de ondas para a carcaça do injetor de combustível 1023, mantendo a posição transversal desejada da guia de ondas no interior da câmara de alta pressão 1031 e permitindo o deslocamento longitudinal da guia de ondas
10 dentro da carcaça do injetor de combustível. Além disso, o elemento de montagem 1105 atua aplicando uma força longitudinal à guia de ondas 1103 para forçá-lo, de maneira muito parecida com o de uma mola ou mecanismo de mola, no sentido longitudinal em direção à ponta do bocal 1061 para
15 uma posição em que o elemento de válvula 1115 da guia de ondas 1103 esteja posição fechada, inibindo a saída de líquidos através das portas de exaustão 1083.

Como exemplo, geralmente o elemento de
20 montagem 1105 da realização ilustrada (Fig. 13) consiste em um segmento anular interno 1151 estendendo-se transversalmente (por exemplo, radialmente na realização ilustrada) para fora da guia de ondas 1103, um segmento anular externo 1155 que se estende transversalmente em
25 relação à guia de ondas, e uma placa anular de interconexão 1157 que se estende transversalmente entre os segmentos internos e externos 1155 e os interligando. O segmento externo 1155 é compensado longitudinalmente em relação ao segmento interno 1151. Neste exemplo, o segmento externo 1155
30 está localizado mais próximo ao bocal 1037 do que o segmento interno 1151, mas este arranjo pode ser invertido, ou os segmentos interno e externo podem ser posicionados substancialmente nos mesmos locais longitudinais. Além disso, os segmentos interno e externo 1151, 1155 e 1157 da placa de

interconexão se estendem continuamente sobre a circunferência da guia de ondas 1103, mas entende-se que um ou mais desses elementos possam ser descontínuos sobre a guia de onda, como na forma de raios de roda, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção.

Na realização ilustrada nas Figs. 13 a 15, geralmente o segmento interno 1151 do elemento de montagem tem uma superfície superior plana que define o ombro 1161 sobre o qual o dispositivo de excitação 1109 está assentado. A superfície inferior 1167 do segmento interior 1151 é devidamente contornada, à medida que se estende desde a guia de ondas 1103 adjacente a sua conexão com a placa de interconexão 1157.

O segmento externo 1155 do elemento de montagem 1105 tem uma primeira superfície radial (inferior) 1175 (Fig. 14) configurada para se assentar de encontro à face da extremidade superior 1043 do bocal 1037 e uma segunda superfície radial (superior) 1179 que se assenta de encontro a um ombro radial interno 1181 formado na extremidade inferior do corpo principal da carcaça. A localização longitudinal do ombro radial 1181 é tal que, quando a porca de retenção 1039 é apertada, o segmento externo 1155 do elemento de montagem 1105 é mantido preso (isto é, com abraçadeira) em uma posição fixa entre o ombro 1181 e a face da extremidade superior 1043 do bocal 1037. Outros meios podem ser utilizados para prender o elemento de montagem 1105 na carcaça.

A placa de interconexão 1157 do elemento de montagem 1105 é fabricada para ser relativamente mais fina do que os segmentos interno e externo 1151 e 1155 do elemento de montagem para facilitar a flexão e/ou encurvamento da placa

em resposta à vibração ultrassônica da guia de ondas 1103 e também fornecer força à mola que força a guia de ondas em direção a uma posição em que o elemento de válvula 1115 fique na posição fechada. Como exemplo, em uma realização, a

5 espessura da placa de interligação 1157 do elemento de montagem pode estar no intervalo entre 0,2 mm e 1 mm e, de maneira mais apropriada, cerca de 0,4 mm. A placa de interconexão 1157 do elemento de montagem, de maneira apropriada, consiste em pelo menos um componente axial e pelo

10 menos um componente transversal (por exemplo, radial na realização ilustrada). Na realização ilustrada (veja Fig. 14), a placa de interconexão tem um componente axial 1157A e um componente transversal 1157B de tal forma que normalmente a placa tem uma seção transversal em forma de L. Entretanto,

15 entende-se que outras configurações que tenham pelo menos um componente axial e pelo menos um componente transversal são adequadas, como por exemplo, em forma de L, em forma de H, em forma de I, em forma de U invertido, em forma de L invertido e similares, sem se afastar do escopo de aplicação desta

20 invenção. Outros exemplos de configurações adequadas de placas de interconexão são ilustradas e descritas na patente US6.676.003, cuja divulgação está aqui incorporada por referência no grau que aqui seja consistente.

25 O componente axial 1157A da placa 1157 depende do respectivo segmento interno 1151 do elemento de montagem 1105 e geralmente está em cantiléver em relação ao componente transversal 1157B. Em conformidade, o componente axial 1157A é capaz de se curvar e/ou flexionar dinamicamente

30 em relação ao segmento externo 1155 do elemento de montagem 1105, em resposta ao deslocamento transversal por vibração do segmento interno 1151 do elemento de montagem, para dessa forma isolar a carcaça 1023 do deslocamento transversal da guia de ondas 1103. O componente transversal 1157B da placa

1157 está em cantiléver em relação ao componente axial 1157A na junção 1157C, de forma que o componente transversal 1157B seja capaz de se curvar e flexionar dinamicamente em relação ao componente axial 1157A (e, dessa forma, em relação ao segmento externo 1155 do elemento de montagem) em resposta ao deslocamento axial por vibração do segmento interno 1151 para, dessa forma, isolar a carcaça 1023 do deslocamento transversal da guia de ondas 1103. Além disso, quando a guia de onda é excitada, o componente transversal 1157B é adaptado para assumir uma forma que força o elemento de válvula 1115 da guia de ondas em direção a sua posição fechada.

Na realização ilustrada, a guia de ondas 1103 se expande radialmente à medida que se desloca de maneira ligeiramente axial na região nodal (por exemplo, onde o elemento de montagem 1105 está conectado à guia de ondas) durante a excitação ultrassônica da guia de ondas. Em resposta, o elemento de interconexão 1157 (por exemplo, os componentes axial e transversal 1157A, 1157B do mesmo) normalmente curva e flexiona, de maneira mais particular oscila em relação ao segmento fixo externo do elemento de montagem, por exemplo, similar ao modo como um desentupidor de pia oscila conforme o deslocamento axial do cabo do desentupidor. Assim, a placa de interconexão 1157 isola a carcaça do injetor de combustível 1023 da vibração ultrassônica da guia de ondas e, na realização ilustrada, de forma mais particular, isola o segmento externo 1155 do elemento de montagem 1105 do deslocamento por vibração do segmento interno 1151 do mesmo. Tal configuração do elemento de montagem também fornece largura de banda suficiente para compensar os deslocamentos da região nodal que possam ocorrer durante o funcionamento normal. Em particular, o elemento de montagem 1105 pode compensar alterações na localização real de tempo da região nodal que surjam durante a transferência

real de energia ultrassônica através da guia de ondas. Tais alterações ou mudanças podem ocorrer, por exemplo, devido a mudanças na temperatura e/ou outras condições ambientais dentro da câmara interna da carcaça.

5

Também se considera a possibilidade de que a placa de interconexão 1157 possa consistir em apenas um ou mais componentes axiais (por exemplo, o componente transversal pode ser omitido) e permanecer dentro do escopo da presente invenção. Por exemplo, onde a guia de ondas 1103 tem um plano nodal e o elemento de montagem 1105 esteja localizado no plano nodal, o elemento de montagem somente precisa ser configurado para isolar o deslocamento transversal da guia de ondas. Em uma modalidade alternativa (não mostrada), considera-se que o elemento de montagem possa estar disposto ou adjacente a uma região antinodal da guia de ondas, como em uma das extremidades opostas da guia de ondas. Em tal realização, a placa de interconexão pode incluir apenas um ou mais componentes transversais para isolar o deslocamento axial da guia de ondas (ou seja, pouco ou nenhum deslocamento transversal ocorre na região antinodal).

Em uma realização particularmente apropriada, o elemento de montagem 1105 consiste em uma peça de construção única. De maneira ainda mais apropriada, o elemento de montagem pode ser formado integralmente pela guia de ondas conforme ilustrado nas Figs 13 a 15. Entretanto, entende-se que o elemento de montagem 1105 possa ser construído separado da guia de ondas 1103 e sem se afastar do escopo da desta invenção. Também se entende que um ou mais componentes do elemento de montagem 1105 possa ser construído separadamente e devidamente conectado ou montados em conjunto.

Em uma realização o elemento de montagem 1105 é fabricado para ser normalmente rígido (por exemplo, resistente ao deslocamento estático quando sujeito a cargas), de modo a manter guia de ondas 1103 (incluindo o elemento de válvula 1115) no alinhamento apropriado dentro da câmara de alta pressão 1031 do injetor. Por exemplo, o elemento de montagem rígido 1105 em uma realização pode ser fabricado de um material não elastomérico, de metal mais apropriado e até mesmo de maneira mais apropriada com o mesmo metal com o qual a guia de ondas foi fabricada. Entretanto, o termo rígido não significa que o elemento de montagem não possa se flexionar e/ou curvar dinamicamente em resposta à vibração ultrassônica da guia de ondas. Em outras realizações, o elemento rígido de montagem 1105 pode ser construído de um material elastomérico que seja suficientemente resistente ao deslocamento estático sob carga, mas que seja de outra maneira capaz de flexão e/ou encurvamento dinâmico em resposta à vibração ultrassônica da guia de ondas. Enquanto o elemento 1105 de montagem ilustrado nas Figs 13 a 16 seja construído de metal, e mais adequadamente com o mesmo material que a guia de ondas, está previsto que o elemento de montagem possa ser feito de outros materiais adequados, normalmente rígidos, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção.

Com referência à Fig. 13, o caminho de fluxo ao longo do qual o combustível flui dentro da câmara interna 1031 da carcaça do injetor de combustível 1023 é definida por um espaçamento transversal entre o conjunto da guia de ondas 1101 e as superfícies internas do corpo principal 1033 e o bocal 1037 da carcaça 1023. Esse caminho de fluxo de combustível está em comunicação fluídica com a entrada de combustível 1025 do corpo principal 1033 da carcaça do injetor 1023, de tal forma que o combustível a alta pressão, ao entrar no caminho do fluxo da entrada de combustível, flui

para baixo (na realização ilustrada) ao longo do caminho de fluxo em direção à ponta do bocal 1061 para a retirada do bocal através da(s) porta(s) de exaustão 1083.

5 Devido ao fato de do elemento de montagem
1105 se estender transversalmente até a guia de ondas 1103
dentro da câmara de alta pressão 1031, geralmente a
extremidade inferior 1141 do corpo principal 1033 e a
extremidade superior 1043 do bocal 1037 estão configurados de
10 maneira apropriada para permitir que o caminho do fluxo de
combustível se desvie ao redor do elemento de montagem, à
medida que o combustível flui dentro da câmara de alta
pressão na direção da ponta do bocal 1061. Por exemplo,
conforme melhor ilustrado nas Figs. 14-16, os canais
15 apropriados 1191 são formados na extremidade inferior do
corpo principal 1033 em comunicação fluídica com o caminho de
fluxo antes do elemento de montagem 1105 e alinhados com os
respectivos canais 1195 formados na extremidade superior do
bocal 1037, que está em comunicação fluídica com o caminho de
20 fluxo a jusante do elemento de montagem 1105.
Consequentemente, o combustível a alta pressão que flui da
entrada de combustível 1025 para baixo, ao longo do caminho
de fluxo antes do elemento de montagem 1105 é direcionado
através dos canais 1191 do corpo principal, ao redor do
25 elemento de montagem e através dos canais 1195 do bocal, para
o caminho de fluxo a jusante do elemento de montagem (por
exemplo, entre o bocal e a guia de ondas). Alternativamente,
podem ser feitas aberturas no elemento de montagem 1105 para
permitir o fluxo após o elemento de montagem.

30

O dispositivo de excitação 1109 mostrado na
Fig. 13 é praticamente idêntico ao dispositivo de excitação
145 da primeira realização (Figs. 1 a 10). O dispositivo 1109
consiste em um dispositivo piezoelétrico e, de maneira mais

apropriada, de diversos anéis piezoelétricos 1201 empilhados (por exemplo, pelo menos dois e, na realização ilustrada, quatro) em torno do segmento superior 1113B da guia de ondas 1103 e assentado sobre o elemento de montagem 1105. Um colar 5 anular 1205 envolve o segmento superior 1113B da guia de ondas acima dos anéis piezoelétricos 1201 e se encosta contra o anel mais alto. De maneira apropriada, o colar 1205 é construído de material de alta densidade. Por exemplo, um material adequado a partir do qual se pode construir o colar 10 é o tungstênio. Entretanto, entende-se que o colar 1205 pode ser feito de outros materiais apropriados e permanecer dentro do escopo da presente invenção. O colar 1205 é rosqueado internamente para prender o colar por rosca a uma posição rosqueada da guia de ondas 1103. O colar 1205 está 15 devidamente preso contra a pilha de anéis piezoelétricos 1201, para comprimir os anéis entre o colar e o ombro 1161 do elemento de montagem 1105. Para obter mais detalhes acerca do dispositivo de excitação 1109, deve ser feita referência à descrição do dispositivo de excitação 145 da primeira 20 realização (Figs. 1 a 10). Além disso, os vários projetos alternativos descritos em conexão com o dispositivo de excitação 145 da primeira realização também são aplicáveis ao dispositivo de excitação da Fig. 13.

25 O dispositivo de excitação 1109 é controlado pelo sistema de controle 1213 cujo esquema é mostrado na Fig. 13. Sistemas de controle deste tipo são conhecidos por pessoas com habilidade normal na arte e não precisam ser mais bem descritos neste documento, exceto na medida do 30 necessário. Pode ser feita referência à patente US6.543.700 , incorporada por referência a este documento, para obter mais detalhes sobre esta operação.

Conforme descrito em relação à primeira realização nas Figs. 1 a 10, todo o conjunto da guia de ondas 1101 não precisa de mais nada que não a própria guia de ondas 1103. Como exemplo, o conjunto global da guia de ondas 1101
5 pode ter, de maneira apropriada, um comprimento igual ao de cerca de metade do comprimento de onda de ressonância (normalmente referenciado de outra forma como metade do comprimento de onda) da guia de ondas. Em particular, o conjunto de guia de ondas 1101 está devidamente configurado
10 para ressonar em uma frequência de ultrassons no intervalo entre cerca de 15 kHz a cerca de 100 kHz, mais adequadamente no intervalo de cerca de 15 kHz a cerca de 60 kHz, e ainda de maneira mais adequada no intervalo de cerca de 20 kHz a cerca de 40 kHz. O conjunto de guia de ondas 1101, operando em tais
15 frequências, possui um respectivo comprimento global (que corresponde a meio comprimento de onda) no intervalo de cerca de 133 mm a cerca de 20 mm, de maneira mais apropriada no intervalo de cerca de 133 mm a cerca de 37,5 mm e de maneira ainda mais apropriada no intervalo de cerca de 100 mm a cerca
20 de 50 mm. Conforme um exemplo mais particular, o conjunto da guia de ondas 1101 ilustrado na Fig. 13 está configurado para funcionamento a uma frequência de cerca de 40 kHz e tem um comprimento global de cerca de 50 mm. Entretanto, entende-se que a carcaça 1023 possa ter tamanho suficiente para permitir
25 que o conjunto da guia de ondas tenha um comprimento de onda completo a ser disposto aí.

Referindo-se novamente à Fig. 13, o atuador 1121 está localizado adjacente à extremidade superior da guia
30 de ondas 1103 e é operável para mover a guia de ondas contra o impulso do elemento de montagem 1105, de uma posição correspondente à posição fechada do elemento de válvula 1115 para uma posição correspondente a uma posição aberta do elemento de válvula. O atuador 1121 dispõe de um gerador de

campo magnético, como uma bobina elétrica 1221 disposta, no todo ou em parte, dentro da carcaça 1023. A bobina de 1221 é operável em resposta à corrente elétrica de entrada do sistema de controle, para aplicar um campo magnético variável a uma massa 1225 de material magnetostritivo (por exemplo, Terfenol-D) acoplado à extremidade superior da guia de ondas 1103. Quando submetido a um campo magnético variável, a massa 1225 se contrai para mover a guia de ondas longitudinalmente em uma direção (por exemplo, na figura acima, 13) para abrir o elemento de válvula 1115 e expande-se para mover a guia de ondas longitudinalmente na direção oposta (por exemplo, para baixo na Fig. 13) para permitir que o elemento de válvula se feche sob o impulso do elemento de montagem 1105. Normalmente, a amplitude do movimento longitudinal da guia de ondas provocada pela expansão e contração da massa 1225 é relativamente pequena, mas o intervalo pode variar. A título de exemplo, o espaçamento entre a superfície do fechamento do elemento de válvula 1115 e a superfície interna oposta da ponta do bocal 1061 na posição aberta do elemento de válvula é apropriada no intervalo de cerca de 0,002 polegada (0,051 mm) até cerca de 0,025 polegada (0,64 mm). No entanto, entende-se que o espaçamento possa ser maior ou menor que o intervalo especificado acima, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção.

25

A massa 1225 de material magnetostritivo pode ser fabricada como parte separada da guia de ondas 1103 e então acoplada de maneira apropriada ou presa em conjunto com a guia de ondas (por exemplo, por uma conexão rosqueada, com adesivo, agente de ligação, ou um mecanismo apropriado). Alternativamente, a massa de 1225 pode ser formada como parte integrante da guia de ondas 1103. Em algumas realizações, toda a guia de ondas 1103 é fabricada com material magnetostritivo. Em outras realizações, apenas uma porção

30

longitudinal da guia de ondas 1103 adjacente à bobina 1221 é formada a partir de material magnetostritivo, as outras porções da guia de onda são formadas a partir de diferentes materiais.

5

Pelo menos uma porção da própria bobina 1221 está montada de maneira apropriada dentro da carcaça 1023 de tal forma que a bobina envolve a massa magnetostritiva 1225 acoplada à guia de ondas. Como exemplo, mas sem limitação, a bobina pode ser recebida em uma reentrância anular (não mostrada) formada na superfície interna do corpo principal 1033 da carcaça. Alternativamente, a bobina pode ser sustentada por uma estrutura fixada ou presa de alguma maneira à carcaça, de modo que a bobina fique posicionada de maneira apropriada à massa magnetostritiva.

15

Um exemplo de atuador magnetostritivo é um transdutor de estado sólido Terfenol-D controlado por sinais do sistema de controle 1213. Outros tipos de atuadores podem ser usados.

20

Um ou mais atuadores (por exemplo, 1121) podem ser operados de outras maneiras para mover a guia de ondas 1103 entre posições correspondentes às posições aberta e fechada do elemento de válvula 1115. A título de exemplo, mas não se limitando a isso, a guia de ondas 1103 pode ser impulsionada (por exemplo, pelo elemento de montagem 1105 ou outro mecanismo de mola) na direção a uma posição correspondente à posição aberta do elemento de válvula 1115 e o atuador pode ser operado de maneira apropriada para mover a guia de ondas 1103 em uma direção somente devido a tal impulso para uma posição correspondente à posição fechada do elemento de válvula. Alternativamente, um só atuador (somente um) pode ser usado de maneira apropriada para mover a guia de

25

30

ondas em ambas as direções, para posições correspondentes às posições aberta e fechada do elemento de válvula 1115. Ainda em outra realização, um primeiro atuador pode ser usado de maneira apropriada para mover a guia de ondas 1103 em uma
5 direção longitudinal, para movimentar o elemento de válvula 1115 para uma primeira posição, por exemplo, aberta, e um segundo atuador pode ser utilizado de maneira apropriada para mover a guia de ondas no sentido longitudinal oposto, para movimentar o elemento de válvula para uma segunda posição,
10 por exemplo, fechada.

Quando em funcionamento, o líquido é liberado para a entrada de líquido 1025 da carcaça, para fluir ao longo do caminho de fluxo, como por exemplo, dentro da câmara
15 interna 1031, para a porta de exaustão 1083. O atuador 1121 é operado pelo sistema de controle 1213 para mover a guia de ondas 1103 entre as posições correspondentes às posições aberta e fechada do elemento de válvula de 1115. O sincronismo deste movimento irá corresponder ao da aplicação
20 em particular envolvida. Por exemplo, onde o dispositivo de liberação de líquido for um injetor de combustível, o sincronismo deste movimento irá corresponder ao das necessidades de combustível do motor (por exemplo, de 1 a 12 ciclos por tempo de cilindro). Quando o elemento de válvula
25 1115 estiver aberto, o líquido pressurizado flui através dos canais 1191 e 1195 após o elemento de montagem 1105 e passa pela(s) porta(s) de exaustão 1083. Simultaneamente, o conjunto de guia de ondas 1101 é operado de maneira bem parecida com a do conjunto da guia de ondas do injetor de
30 combustível das Figs. 1 a 10 para fazer vibrar ultrassonicamente a guia de ondas, de maneira igual à de uma corneta ultrassônica. Dessa forma, a energia ultrassônica é transmitida pela guia de ondas 1103 e, particularmente, pela extremidade terminal da guia de ondas, incluindo o elemento

de válvula 1115 e a porção alargada 1141 imediatamente antes do elemento de válvula, logo antes da entrada do líquido na(s) porta(s) de exaustão 1083 para normalmente atomizar o líquido (para diminuir o tamanho de gota e estreitar a 5 distribuição de tamanho de gotas do líquido que sai do dispositivo). A energização ultrassônica do líquido antes de sair pela(s) porta(s) de exaustão 1083 normalmente gera uma pulsação, geralmente um spray em forma de cone de líquido atomizado liberado pelo dispositivo.

10

A Fig. 17 ilustra uma quarta realização de um dispositivo de liberação ultrassônica de líquido, indicado de maneira geral em 1321. Essa realização é semelhante à quarta realização (Figs. 13 a 16) e as partes correspondentes são 15 indicadas por números de referência correspondentes, com a adição de um único indicador principal (').

Na quinta realização, um dispositivo de excitação/atuação, de maneira geral indicado em 1121', é 20 montado pelo menos em parte na carcaça 1023' do injetor 1321 e funciona para excitar ultrassonicamente a guia de ondas 1103' e para mover a guia de ondas entre as posições correspondentes às posições aberta e fechada do elemento de válvula 1115'. Em outras palavras, o dispositivo 1121' não 25 somente funciona para excitar ultrassonicamente a guia de ondas 1103', mas também para abrir o elemento de válvula, para fechar o elemento de válvula ou para abrir e fechar o elemento de válvula.

30

O dispositivo 1121' consiste em um gerador de campo magnético como uma bobina elétrica 1221' disposta total ou parcialmente dentro da carcaça 1023'. A bobina de 1221' pode ser acionada como resposta à corrente elétrica de entrada do sistema de controle 1213' para aplicar um campo

magnético variável à massa 1225' do material magnetostritivo (por exemplo, Terfenol-D) acoplado à extremidade superior da guia de ondas 1103'. O campo magnético aplicado pela bobina 1221' à massa magnetostritiva 1225' faz com que a guia de ondas 1103' se expanda e se contraia no sentido longitudinal conforme desejado, por exemplo, a uma frequência selecionada para excitar ultrassonicamente a guia de ondas, de modo a atomizar o líquido que sai pela(s) porta(s) de exaustão 1083' do bocal 1037' e em intervalos selecionados, apropriados para mover o elemento de válvula 1115' entre suas posições aberta e fechada. Os intervalos podem ser regulares ou irregulares.

À guisa de exemplo, mas sem se limitar a isso, o dispositivo de excitação e atuação 1121' pode ser um transdutor de estado sólido de Terfenol-D acoplado de maneira apropriada à extremidade terminal superior da guia de ondas 1103', afastada do elemento de válvula 1115'. O acoplamento pode ser por uma ligação rosqueada, por adesivo, por agente de ligação ou por um mecanismo apropriado.

A amplitude do movimento longitudinal da guia de ondas 1103' provocada pela expansão e contração da massa 1225' é relativamente pequena, mas o intervalo pode variar. A título de exemplo, o espaçamento entre a superfície de fechamento do elemento de válvula 1115' e a superfície interna oposta à ponta do bocal 1061' na posição aberta do elemento de válvula é apropriada no intervalo de cerca de 0,002 polegada (0,051 mm) a cerca de 0,025 polegada (0,64 mm). Entretanto, entende-se que o espaçamento possa ser maior ou menor que o intervalo especificado acima, sem se afastar do escopo desta invenção.

Pelo menos uma porção da bobina 1221' está montada de maneira apropriada dentro da carcaça 1023', de tal

forma que a bobina envolve a massa magnetostriativa 1225'. Como exemplo, mas sem limitação, a bobina 1221' pode entrar em uma reentrância anular (não mostrada) formada na superfície interna do corpo principal da carcaça 1023'.

5 Alternativamente, a bobina 1221' pode ser sustentada por uma estrutura fixada ou presa de alguma maneira à carcaça 1023', de modo que a bobina fique posicionada de maneira apropriada à massa magnetostriativa 1225'.

10 Em uma realização, o sistema de controle 1213' que faz funcionar o injetor de combustível 1321 é operável (por exemplo, programado) para enviar para o dispositivo de excitação/atuação 1121' um sinal de acionamento que consiste em um componente de sinal de
15 excitação ultrassônica e um componente de sinal de atuação de válvula. A bobina 1221' é sensível ao componente do sinal de excitação ultrassônica para excitar ultrassonicamente a guia de ondas de modo a atomizar o líquido à medida que ele sai do injetor através da(s) porta(s) de exaustão 1083'. Além disso,
20 a bobina 1221' é sensível ao componente do sinal de atuação da válvula, para atuar a guia de ondas 1103', de modo a mover o elemento de válvula 1115' entre as posições aberta e fechada.

25 A Fig. 18 ilustra um exemplo um sinal de acionamento 1351 em um gráfico que mostra a amplitude do sinal de acionamento ao longo do tempo. Neste exemplo, o sinal de acionamento é um sinal modulado 1351 que possui um componente de sinal de excitação ultrassônica 1355 para
30 excitar ultrassonicamente a guia de ondas 1103' na frequência desejada. Em particular, o componente de sinal de excitação 1355 é apropriado no intervalo entre cerca de 15 kHz a cerca de 100 kHz, mais adequadamente no intervalo de cerca de 15 kHz a cerca de 60 kHz, e ainda de maneira mais adequada no

intervalo de cerca de 20 kHz a cerca de 40 kHz. Outras frequências são possíveis. O sinal modulado 1351 também inclui um componente de sinal de atuação da válvula 1361 que é configurado para abrir e fechar o elemento de válvula 1115' em intervalos de tempo escolhidos que sejam apropriados (por exemplo, um número selecionado de vezes por tempo de cilindro). Nesta realização em particular, o componente de sinal de atuação da válvula 1361 consiste em um componente de polarização CC positivo, que vai de zero a um nível de pico suficiente para abrir o elemento de válvula 1105' enquanto a guia de ondas 1103' estiver vibrando ultrassonicamente, manter o nível de pico (enquanto a guia de ondas continuar a vibrar) durante um intervalo de tempo apropriado correspondente ao intervalo desejado durante o qual o elemento de válvula deva permanecer na posição aberta e então cair de novo para zero (enquanto a guia de ondas continua a vibrar) para permitir que o elemento de válvula se feche devido ao impulso do elemento de válvula 1105'. Normalmente, a amplitude de movimento longitudinal do elemento de válvula 1115', à medida que ele se move entre as posições aberta e fechada é relativamente pequeno, mas o intervalo pode variar. A título de exemplo, o espaçamento entre a superfície de fechamento do elemento de válvula 1115' e a superfície interna oposta da ponta do bocal 1061' na posição aberta do elemento de válvula é apropriado no intervalo entre cerca de 0,002 polegada (0,051 mm) e cerca de 0,025 polegada (0,64 mm). Entretanto, entende-se que o espaçamento possa ser maior ou menor que o intervalo especificado acima, sem se afastar do escopo de aplicação desta invenção.

30

Na realização da Fig. 18, o componente de sinal de excitação ultrassônica 1361 somente é fornecido quando o elemento de válvula 1115' estiver em uma posição total ou parcialmente aberta, de modo que a carcaça 1023' não

fique sujeita a vibrações substanciais quando o elemento de válvula estiver fechado. Entretanto, entende-se que o componente do sinal de excitação possa ser fornecido somente quando o elemento de válvula 1115' estiver totalmente aberto
5 ou mesmo quando o elemento de válvula estiver fechado durante um período de tempo (preferivelmente curto). Outros sinais modulados podem ser usados de maneira apropriada para controlar o movimento da guia de ondas 1103'. Por exemplo, os tempos de elevação e queda do sinal de polarização CC
10 mostrado na Fig. 18 podem ser variáveis (isto é, reduzidos ou ampliados, conforme necessário ou desejado). Além disso, o componente do sinal de excitação ultrassônica 1361 pode ter outra forma que não a senoidal. Além disso, também podem ser usados sinais de acionamento não modulados. O sinal de
15 polarização CC pode ter uma forma diferente que a de uma forma linear em elevação, como por exemplo, exponencial ou outra forma adequada.

Conforme observado acima em relação à
20 realização anterior, (Figs. 13 a 16), um ou mais atuadores (por exemplo, 1121') podem ser operados de outras maneiras para mover a guia de ondas 1103' entre posições correspondentes às posições aberta e fechada do elemento de válvula 1115'. A título de exemplo, mas não como limitação, o
25 elemento de válvula 1105' pode impelir ou forçar o elemento de válvula 1115' para sua posição fechada e o dispositivo de atuação/excitação 1121' pode mover a guia de ondas 1103' no sentido contrário, para uma posição correspondente à posição aberta do elemento de válvula. Alternativamente, a guia de
30 ondas 1103' pode ser forçada (por exemplo, pelo elemento de montagem 1105' ou por outro mecanismo de mola) na posição correspondente à posição aberta do elemento de válvula 1115' e movido em uma direção somente pelo dispositivo de excitação/atuação 1121' no sentido contrário para uma posição

correspondente à posição fechada do elemento de válvula 1115. Alternativamente, o dispositivo de excitação/atuação 1121' pode mover a guia de ondas 1103' em ambas direções, para posições correspondentes às posições aberta e fechada do elemento de válvula 1115' sem ajuda do elemento de montagem. Na última realização e em realizações anteriores, o elemento de montagem 1105' funciona somente para isolar a carcaça 1023' das vibrações ultrassônicas da guia de ondas; ele não funciona como mola ou força de impulsão sobre a guia de ondas no sentido longitudinal.

Quando em funcionamento, o líquido é liberado para a entrada de líquido 1025 da carcaça 1023' para fluir ao longo do caminho de fluxo, como por exemplo, dentro da câmara interna 1031', para a(s) porta(s) de exaustão 1083'. O dispositivo de excitação/atuação 1121' é operado pelo sistema de controle 1213', para mover a guia de ondas 1103' entre as posições correspondentes às posições aberta e fechada do elemento de válvula 1115'. O sincronismo deste movimento irá corresponder ao da aplicação em particular envolvida. Quando o dispositivo de liberação de líquidos for um injetor de combustível, por exemplo, o sincronismo desse movimento pode ser escolhido para corresponder às necessidades de combustível do motor (por exemplo, 1 a 12 ciclos por tempo de cilindro). Quando o elemento de válvula 1115' estiver aberto, o líquido pressurizado flui para após a guia de ondas e sai pela(s) porta(s) de exaustão 1083' e a guia de ondas 1103' é excitada ultrassonicamente, de maneira parecida como em uma corneta ultrassônica. Dessa forma, a energia ultrassônica é transmitida pela guia de ondas 1103', e particularmente pela extremidade terminal da guia de ondas, incluindo o elemento de válvula 1115', pouco antes de o líquido entrar na(s) porta(s) de exaustão, de maneira geral para atomizar o líquido (por exemplo, para diminuir o tamanho de gota e

estreita distribuição de tamanho de gotas do líquido que sai do dispositivo). A energização ultrassônica do líquido antes dele sair pela(s) porta(s) de exaustão 1083', de maneira geral produz um spray pulsante, em forma de cone do líquido atomizado liberado pelo dispositivo 1321.

A Fig. 19 ilustra uma sexta realização de um dispositivo de liberação ultrassônica de líquido, indicado de maneira geral em 1421. Essa modalidade é semelhante à quinta realização e as partes correspondentes são indicados por números de referência correspondentes, com a inclusão de um indicador de marca dupla (''). Nessa realização, toda a guia de ondas 1103'' foi fabricada com material magnetostritivo (por exemplo, Terfenol-D) e o gerador de campo magnético consiste em uma bobina 1221'' que envolve uma parte longitudinal (massa) da guia de ondas, em posição intermediária entre as extremidades superior e inferior do segmento (superior) 1113B'' da guia de ondas. Será entendido que outras configurações são possíveis. A título de exemplo, menos do que a guia de onda inteira pode ser formada com materiais magnetostritivos.

Pelo menos uma porção da bobina 1221'' está montada de maneira apropriada dentro da carcaça 1023'', de tal forma que a bobina envolve a massa magnetostritiva 1103''. Como exemplo, mas sem limitação, a bobina 1221'' pode entrar em uma reentrância anular (não mostrada) formada na superfície interna do corpo principal da carcaça 1023''. Alternativamente, a bobina 1221'' pode ser sustentada por uma estrutura fixada ou presa de alguma maneira à carcaça 1023'' de modo que a bobina fique posicionada de maneira apropriada à massa magnetostritiva 1103''.

Em uma realização, o sistema de controle 1213'' que faz funcionar o injetor de combustível 1421 é operável (por exemplo, programado) para enviar para o dispositivo de excitação/atuação 1121'' um sinal de acionamento que inclui um componente de sinal de excitação ultrassônica e um componente de sinal de atuação de válvula. A bobina 1221'' é sensível ao componente do sinal de excitação ultrassônica para excitar ultrassonicamente a guia de ondas de modo a atomizar o líquido à medida que ele sai do injetor através da(s) porta(s) de exaustão 1083''. Além disso, a bobina de 1221'' é sensível ao componente do sinal de atuação da válvula, para o acionamento da guia de ondas 1103'', de modo a movimentar o elemento de válvula 1115'' entre as suas posições aberta e fechada.

15

A título de exemplo, mas não se limitando a isso, um sinal modulado de acionamento do tipo mostrado na Fig. 18 pode ser enviado pelo sistema de controle 1213'' ao dispositivo de excitação/atuação 1121''. Outros sinais modulados podem ser usados de maneira apropriada para controlar o movimento da guia de ondas 1103''. Por exemplo, os tempos de elevação e queda do sinal de polarização CC mostrados na Fig. 18 podem ser variáveis (isto é, reduzidos ou ampliados, conforme necessário ou desejado). Além disso, o componente do sinal de excitação ultrassônico 1361 pode ter um formato que não o senoidal. Além disso, sinais não modulados podem ser usados para controlar o movimento da guia de ondas 1103''.

30

Conforme observado acima em relação à realização anterior (quinta), diversos arranjos de atuação são considerados para movimentação da guia de ondas 1103'' entre as posições correspondentes às posições aberta e fechada do elemento de válvula 1115''. Por exemplo, o

elemento de montagem 1105'' pode forçar ou empurrar o elemento de válvula 1115'' em direção a sua posição fechada e o dispositivo de atuação/excitação 1221'' pode mover a guia de ondas 1103'' em sentido contrário, na direção correspondente à posição aberta do elemento de válvula. Alternativamente, a guia de ondas 1103'' pode ser forçada (por exemplo, por um elemento de montagem 1105'' ou outro mecanismo de mola) para a posição correspondente à posição aberta do elemento de válvula 1115'' e movimentada em uma direção somente pelo dispositivo de excitação/atuação 1121'' em sentido contrário, para uma posição correspondente à posição fechada do elemento de válvula 1115''. Alternativamente, o dispositivo de excitação/atuação 1121'' pode mover a guia de ondas 1103'' em ambas as direções, para posições correspondentes às posições aberta e fechada do elemento de válvula 1115'', sem ajuda do elemento de montagem. Na última realização e em outras, o elemento de montagem 1105'' funciona somente para isolar a carcaça 1023'' das vibrações ultrassônicas da guia de ondas; ele não funciona como mola ou força de impulsão sobre a guia de ondas no sentido longitudinal.

O funcionamento do injetor 1421 da sexta realização é substancialmente igual ao funcionamento da quinta realização (Fig. 17). O líquido é liberado na entrada de líquido 1025'' da carcaça 1023'', para fluir ao longo do caminho do fluxo, por exemplo, dentro da câmara interna 1031'', para a(s) porta(s) de exaustão 1083''. O dispositivo de excitação/atuação 1121'' é operado pelo sistema de controle 1213'' para mover a guia de ondas 1103'' entre as posições correspondentes às posições aberta e fechada do elemento de válvula 1115''. O sincronismo deste movimento irá corresponder ao da aplicação em particular envolvida. Quando o dispositivo de liberação de líquidos for um injetor de

combustível, por exemplo, o sincronismo desse movimento pode ser selecionado para corresponder às necessidades de combustível do motor (por exemplo, de 1 a 12 ciclos por tempo de cilindro). Quando o elemento de válvula 1115'' é aberto, o líquido pressurizado flui para após a guia de ondas e sai pela(s) porta(s) de exaustão 1083'' e pela guia de ondas 1103'' é excitado ultrassonicamente, da mesma maneira que em uma corneta ultrassônica. Dessa forma, a energia ultrassônica é transmitida pela guia de ondas 1103'', e particularmente pela extremidade terminal da guia de ondas, incluindo o elemento de válvula 1115'', pouco antes de o líquido entrar na(s) porta(s) de exaustão para atomizar o líquido (por exemplo, para diminuir o tamanho das gotas e estreita distribuição de tamanho de gotas do líquido que sai do dispositivo). A energização ultrassônica do líquido antes dele sair pela(s) porta(s) de exaustão 1083'', normalmente gera uma pulsação, geralmente como um spray em forma de cone de líquido atomizado liberado a partir do dispositivo 1421.

A Fig. 20 ilustra uma sétima realização de um dispositivo de liberação ultrassônica de líquido, indicado de maneira geral em 1521. Esta realização é similar à sexta realização e as partes correspondentes estão indicadas por números de referência correspondentes, com a adição de um único indicador triplo principal ('''). Nessa realização, toda a guia de ondas 1103''' foi fabricada com material magnetostritivo (por exemplo, Terfenol-D) e o gerador de campo magnético consiste em uma bobina 1221''' que envolve uma parte longitudinal (massa) da guia de ondas, em posição intermediária entre as extremidades superior e inferior da guia de ondas. Entende-se que outras configurações são possíveis. A título de exemplo, menos do que a guia de onda inteira pode ser formada de material magnetostritivo. Além

disso, o comprimento longitudinal da bobina e guia de onda pode ser variável conforme a necessidade.

Pelo menos uma porção da bobina 1221''' está montada de maneira apropriada dentro da carcaça 1023''', de tal forma que a bobina envolve a massa magnetostritiva da guia de ondas 1103'''. Como exemplo, mas sem limitação, a bobina 1221''' pode entrar em uma reentrância anular (não mostrada) formada na superfície interna do corpo principal da carcaça 1023'''. Alternativamente, a bobina 1221''' pode ser sustentada por uma estrutura fixada ou presa de alguma maneira à carcaça 1023''' de modo que a bobina fique posicionada de maneira apropriada à massa magnetostritiva 1103'''.

Na sétima realização, os elementos de montagem 1105, 1105' e 1105'', das realizações anteriores são totalmente eliminados, dessa forma simplificando o conjunto e permitindo que o comprimento e/ou posição da bobina 1221''' varie consideravelmente. A título de exemplo, a bobina pode ser posicionada apenas ao redor do segmento superior 1113B''' da guia de ondas, ou somente do segmento inferior 1113A''' da guia de ondas, ou do segmento superior e do segmento inferior da guia de ondas. Além disso, o comprimento total da bobina 1221''' pode ser aumentado em relação ao comprimento total da guia de ondas 1103'''. Como resultado, uma porcentagem relativamente maior de material magnetostritivo fica exposto para bobina. O movimento longitudinal da guia de ondas é guiado pela bobina 1221''' e pela parte alargada 1141''' da guia de ondas adjacente ao elemento de válvula 1115'''. Outros arranjos de guia são possíveis.

Em uma realização, o sistema de controle 1213''' que faz funcionar o injetor de combustível 1521 é

operável (por exemplo, programado) para enviar para o dispositivo de excitação/atuação 1121''' um sinal de acionamento que inclui um componente de sinal de excitação ultrassônica e um componente de sinal de atuação de válvula.

5 A bobina de 1221''' é sensível ao componente do sinal ultrassônico para excitar ultrassonicamente a guia de ondas e atomizar o líquido à medida que ele sair do injetor através da(s) porta(s) de exaustão 1083'''. Além disso, a bobina 1221''' é sensível ao componente de sinal de atuação da
10 válvula para acionar a guia de ondas 1103''', de modo a mover o elemento de válvula 1115''' entre suas posições aberta e fechada.

A título de exemplo, mas não se limitando a
15 isso, um sinal de acionamento 1351 do tipo mostrado na Fig. 21 pode ser enviado pelo sistema de controle 1213''' para o dispositivo de excitação/atuação 1121'''. Esse sinal de acionamento 1351 é essencialmente igual ao sinal de acionamento 1351 da Fig. 18, exceto que o componente 1361 de
20 atuação da válvula do sinal inclui uma polarização positiva CC suficiente para abrir o elemento de válvula 1115''' durante um intervalo de tempo apropriado e uma polarização negativa CC suficiente para fechar o elemento de válvula 1115''' e mantê-lo fechado por um intervalo de tempo
25 apropriado. Outros sinais modulados podem ser apropriados para controlar o movimento da guia de ondas 1103'''. Por exemplo, os tempos de elevação e queda do sinal de polarização CC mostrados na Fig. 21 podem ser variáveis (isto é, reduzidos ou ampliados, conforme necessário ou desejado).
30 Além disso, o componente do sinal de excitação ultrassônico 1361 pode ter um formato que não o senoidal. Além disso, os sinais de acionamento não modulados também podem ser usados para controlar o movimento da guia de ondas 1103'''.

O funcionamento do injetor 1521 da sétima realização é substancialmente igual ao funcionamento da sexta realização (Fig. 19). O líquido é liberado na entrada de líquidos 1025''' da carcaça 1023''' para o fluxo ao longo do caminho do fluxo, por exemplo, dentro da câmara interna 1031''', ate a(s) porta(s) de exaustão 1083'''. O dispositivo de excitação/atuação 1121''' é operado pelo sistema de controle 1213''', para mover a guia de ondas 1103''' entre as posições correspondentes às posições aberta e fechada do elemento de válvula 1115'''. O sincronismo deste movimento irá corresponder ao da aplicação em particular envolvida. Quando o dispositivo de liberação de líquidos for um injetor de combustível, por exemplo, o sincronismo desse movimento pode ser selecionado para corresponder às necessidades de combustível do motor (por exemplo, de 1 a 12 ciclos por tempo de cilindro). Quando o elemento de válvula 1115''' está aberto, o líquido pressurizado flui para depois da guia de ondas e sai da(s) porta(s) de exaustão 1083''' e a guia de ondas 1103''' está excitada ultrassonicamente, da mesma maneira que uma corneta ultrassônica. Dessa forma, a energia ultrassônica é transmitida pela guia de ondas 1103''', e particularmente pela extremidade terminal da guia de ondas, incluindo o elemento de válvula 1115''', pouco antes de o líquido entrar na(s) porta(s) de exaustão, de modo a atomizar o líquido (por exemplo, para diminuir o tamanho das gotas e estreitar a distribuição de tamanho de gotas do líquido que sai do dispositivo). A energização ultrassônica do líquido antes que ele saia pela(s) porta(s) de exaustão 1083''' normalmente produz uma pulsação, normalmente em spray no formato de cone de líquido atomizado liberado pelo dispositivo 1521.

Na introdução de elementos da presente invenção ou de realizações preferidas da mesma, os artigos

"um", "uma", "o", e "ditto" devem ser interpretados como existindo apenas um dos elementos. Os termos "consistindo", "incluindo" e "tendo" devem ser interpretados como incluindo e significando que pode haver elementos adicionais que não os
5 elementos listados.

Em face do exposto, vê-se que os vários objetivos da invenção são alcançados e outros resultados favoráveis são atingidos.
10

Devido ao fato de que diversas alterações podem ser feitas nas realizações acima mencionadas sem se afastar do escopo de aplicação da invenção, espera-se que a matéria contida na descrição acima e mostrada nas figuras
15 anexadas devem ser interpretados como ilustrativas e não como limitações.

REIVINDICAÇÕES

1. **Dispositivo ultrassônico para liberação de líquido caracterizado** por compreender:

5 um recipiente com uma câmara interna e pelo menos uma passagem de exaustão em comunicação com o fluido com a câmara interna do recipiente, pela qual o líquido dentro da câmara sai do recipiente por pelo menos essa passagem de exaustão;

10 uma guia de ondas ultrassônica separada do recipiente, disposta pelo menos em parte dentro da câmara interna do recipiente para energizar o líquido de maneira ultrassônica dentro da câmara interna, para que o tal líquido seja retirado do recipiente por pelo menos uma passagem de exaustão;

15 a dita guia de ondas compreendendo um elemento de válvula que se move em relação ao recipiente, de uma posição fechada, em que o líquido dentro da câmara interna é impedido de escapar por pelo menos uma passagem de exaustão e uma posição aberta, em que o líquido é permitido
20 sair do recipiente por pelo menos uma passagem de exaustão; e

um dispositivo de excitação operável na posição aberta do elemento de válvula para excitar de maneira ultrassônica dita guia de ondas ultrassônica em que pelo menos uma porção do dispositivo de excitação é disposta
25 dentro da câmara interna do recipiente.

2. **Dispositivo**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que dito elemento de válvula faz parte integral da guia de ondas.

3. **Dispositivo**, de acordo com a reivindicação
30 1, **caracterizado** pelo fato de que dita guia de ondas consiste em uma porção alongada que se estende longitudinalmente a partir da câmara interna e que o dito elemento de válvula se estende da extremidade da porção alongada.

4. **Dispositivo**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de excitação também funciona para excitar ultrasonicamente o dito elemento de válvula.

5 5. **Dispositivo**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente um atuador para mover a guia de ondas para abrir o elemento de válvula, para fechar o elemento de válvula, ou para abrir e fechar o elemento de válvula.

10 6. **Dispositivo**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente um elemento de montagem para a guia de ondas dentro do dito recipiente, o dito elemento de montagem estando em contacto com a guia de ondas dentro da câmara interna do recipiente e
15 preso ao recipiente no local espaçado da dita guia de ondas.

7. **Dispositivo**, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma porção do elemento de montagem é disposto dentro da câmara interna do recipiente.

20 8. **Dispositivo**, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o dito elemento de montagem está configurado para impelir de maneira resistente em direção a uma posição correspondendo à posição fechada do elemento de válvula.

25 9. **Dispositivo**, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que dito elemento de montagem está disposto pelo menos em parte dentro de um caminho de fluxo de líquido no recipiente e é configurado para isolar de maneira substancial o recipiente contra vibrações da guia de
30 ondas.

10. **Dispositivo**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a guia de ondas e o dispositivo de excitação em conjunto definem um conjunto de guia de ondas ultrassônico, o conjunto de guia de

ondas ultrassônico tendo um comprimento de cerca de meio comprimento de onda.

11. **Dispositivo**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de excitação é adaptado para receber um sinal de acionamento que compreende um componente de sinal de excitação ultrassônico, dito dispositivo de excitação sendo responsável pelo dito componente de sinal de excitação ultrassônico, para excitar de maneira ultrassônica a guia de ondas, sendo
10 responsivo ao dito componente de sinal de atuação de válvula para acionar a guia de ondas, para abrir o elemento de válvula, para fechar o elemento de válvula, ou para abrir e fechar o elemento de válvula.

12. **Dispositivo**, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que dito dispositivo de excitação compreende uma massa de material magnetostritivo associado à guia de ondas e um gerador de campo magnético para aplicação de um campo magnético à dita massa de material magnetostritivo para excitação ultrassônica
20 da guia de ondas.

13. **Dispositivo**, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que dita massa de material magnetostritivo é separada da guia de ondas, mas acoplada à guia de ondas.

14. **Dispositivo**, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que dita massa de material magnetostritivo faz parte integral da guia de ondas.

15. **Método de operação do dispositivo ultrassônico de liberação de líquido**, do tipo que compreende em uma câmara interna e pelo menos uma passagem de exaustão e uma guia de ondas ultrassônica disposta pelo menos em parte dentro da câmara interna do recipiente, dita guia de ondas compreendendo um elemento de válvula móvel em relação ao

recipiente entre uma posição fechada em que o líquido dentro da câmara interna é impedido de escapar do recipiente por pelo menos uma passagem de exaustão por meio de pelo menos uma passagem de exaustão e uma posição aberta em que o
5 líquido é direcionado para a saída do recipiente por pelo menos uma passagem de exaustão, dito método **caracterizado** por compreender:

- escoar um líquido para a câmara interna do recipiente para contacto com dita guia de ondas antes da
10 saída do líquido do recipiente, por pelo menos uma passagem de exaustão; e

- prover um sinal de acionamento para um dispositivo de excitação/acionamento montado pelo menos em parte dentro do dito recipiente, para excitação ultrassônica
15 e atuação da guia de ondas, dito sinal de acionamento consistindo em um componente de sinal ultrassônico de excitação e um componente de sinal de atuação da válvula;

- dito dispositivo de excitação/acionamento sendo responsivo ao dito componente de sinal de atuação da
20 válvula para movimentação da guia de ondas para abrir o elemento de válvula, para abrir ou fechar o elemento de válvula ou para abrir e fechar o elemento de válvula; e

- dito dispositivo de excitação/acionamento sendo responsivo ao dito componente de sinal ultrassônico de
25 excitação, para a excitação ultrassônica da guia de ondas, para atomizar o líquido retirado por meio de pelo menos uma das ditas passagens de exaustão quando o elemento de válvula estiver na dita posição aberta.

16. **Método**, de acordo com a reivindicação 15,
30 **caracterizado** pelo fato de que dito componente do sinal ultrassônico de excitação é fornecido somente quando o elemento de válvula estiver na dita posição aberta.

17. **Método**, de acordo com a reivindicação 15,
caracterizado pelo fato de que dito componente do sinal

ultrassônico de atuação da válvula compreende em uma polarização positiva para forçar o elemento de válvula a abrir contra uma polarização mecânica impelindo o elemento de válvula para sua posição fechada.

5 18. **Método**, de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado** pelo fato de que dito componente de sinal de atuação da válvula compreende em uma polarização negativa para manter fechado o elemento de válvula.

10 19. **Método**, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato de que dito componente de sinal de atuação da válvula compreende em uma polarização positiva para manter aberto o elemento de válvula e uma polarização negativa para manter fechado o elemento de válvula.

15 20. **Método**, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato de que dito dispositivo compreende em uma massa de material magnetostritivo associado à guia de ondas e um gerador de campo magnético para aplicação de um campo magnético à dita massa de material magnetostritivo.

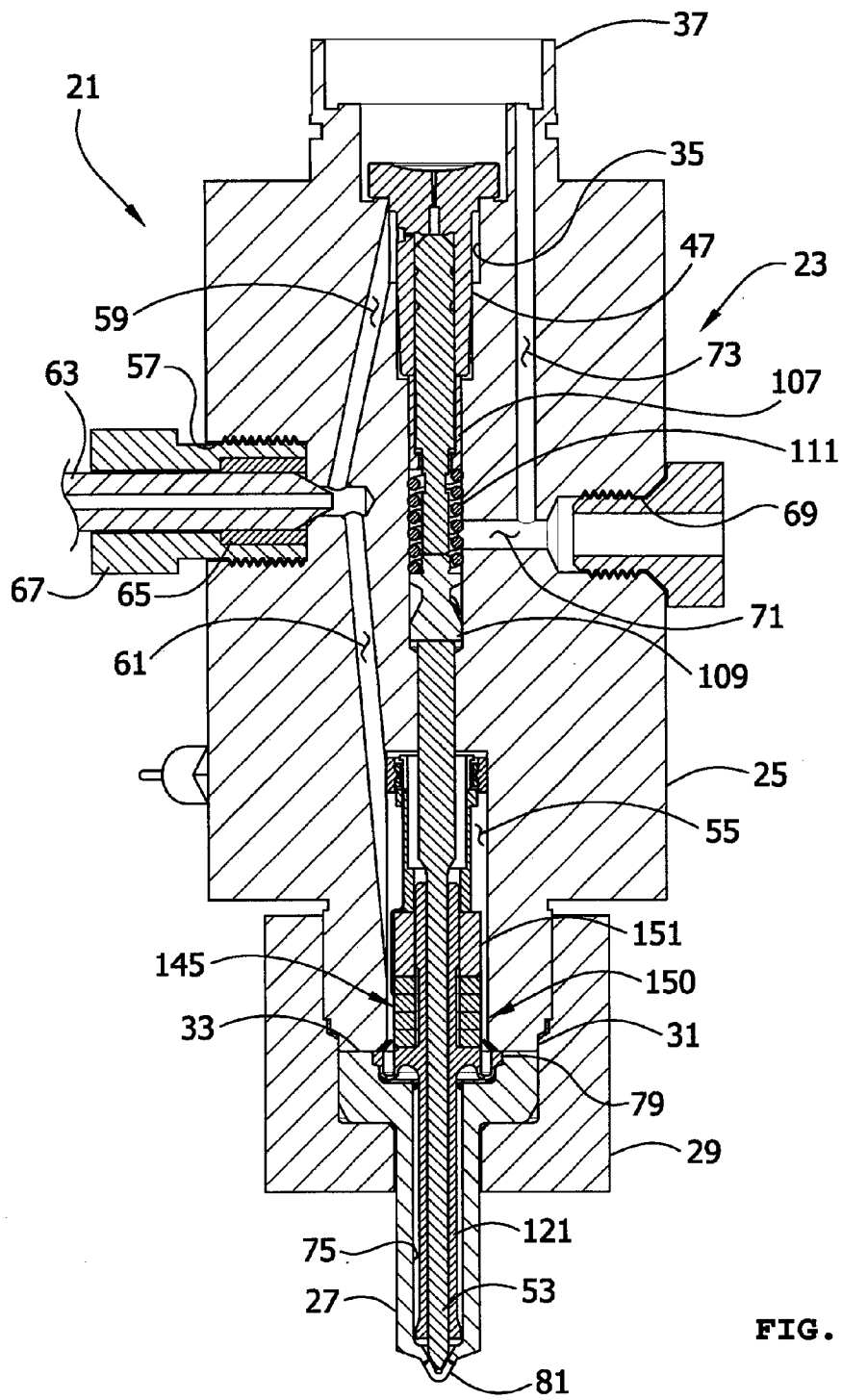


FIG. 1

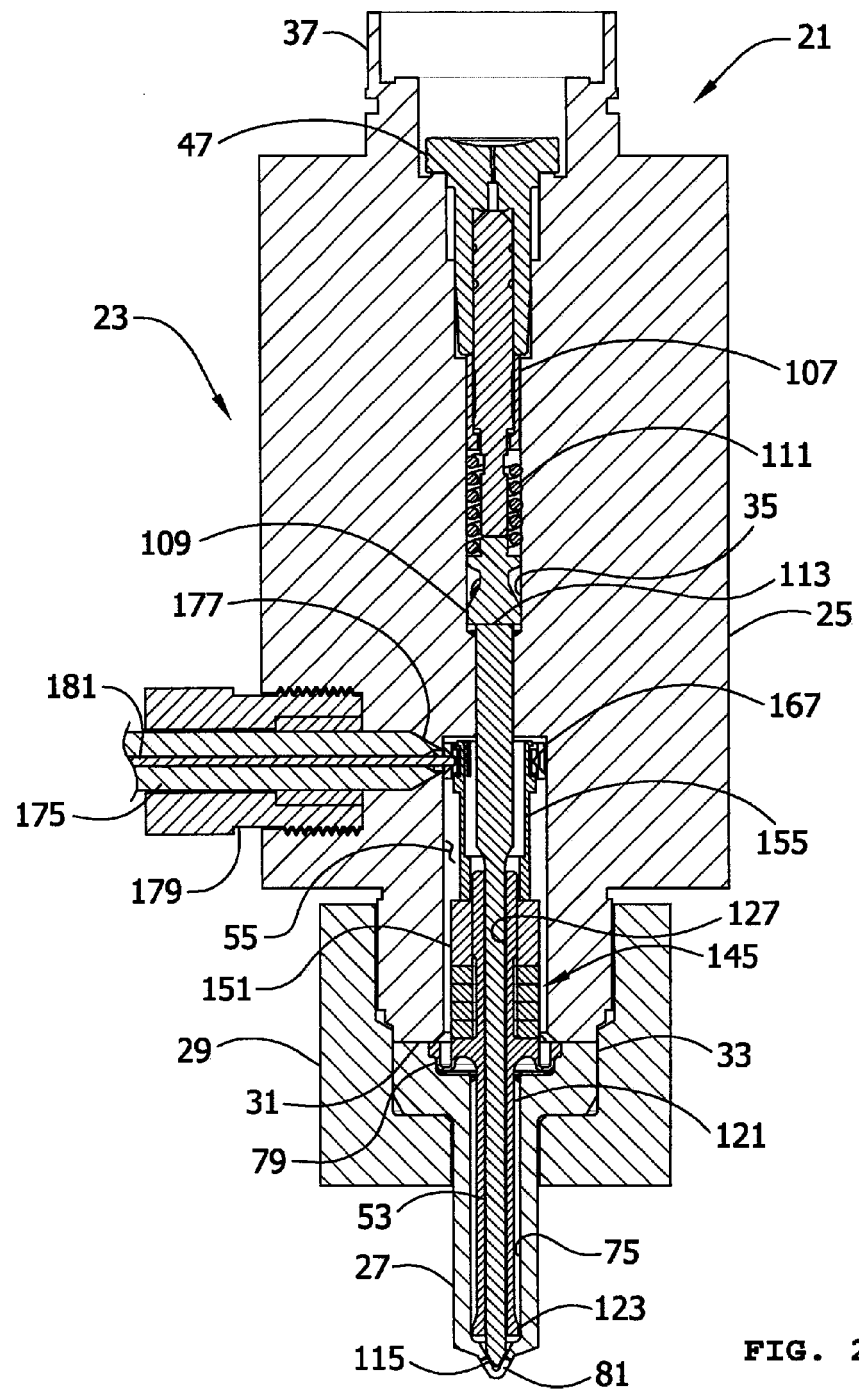


FIG. 2

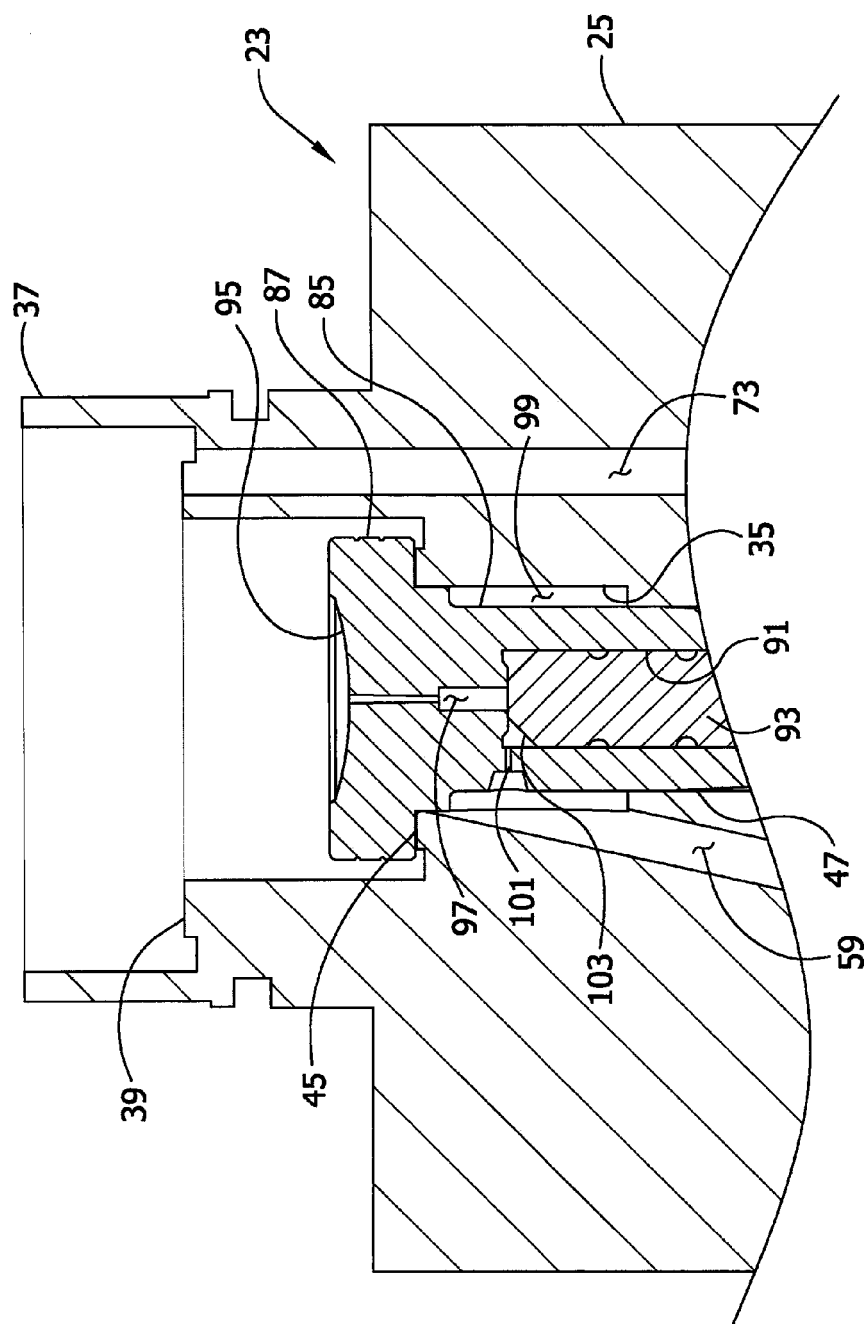


FIG. 3

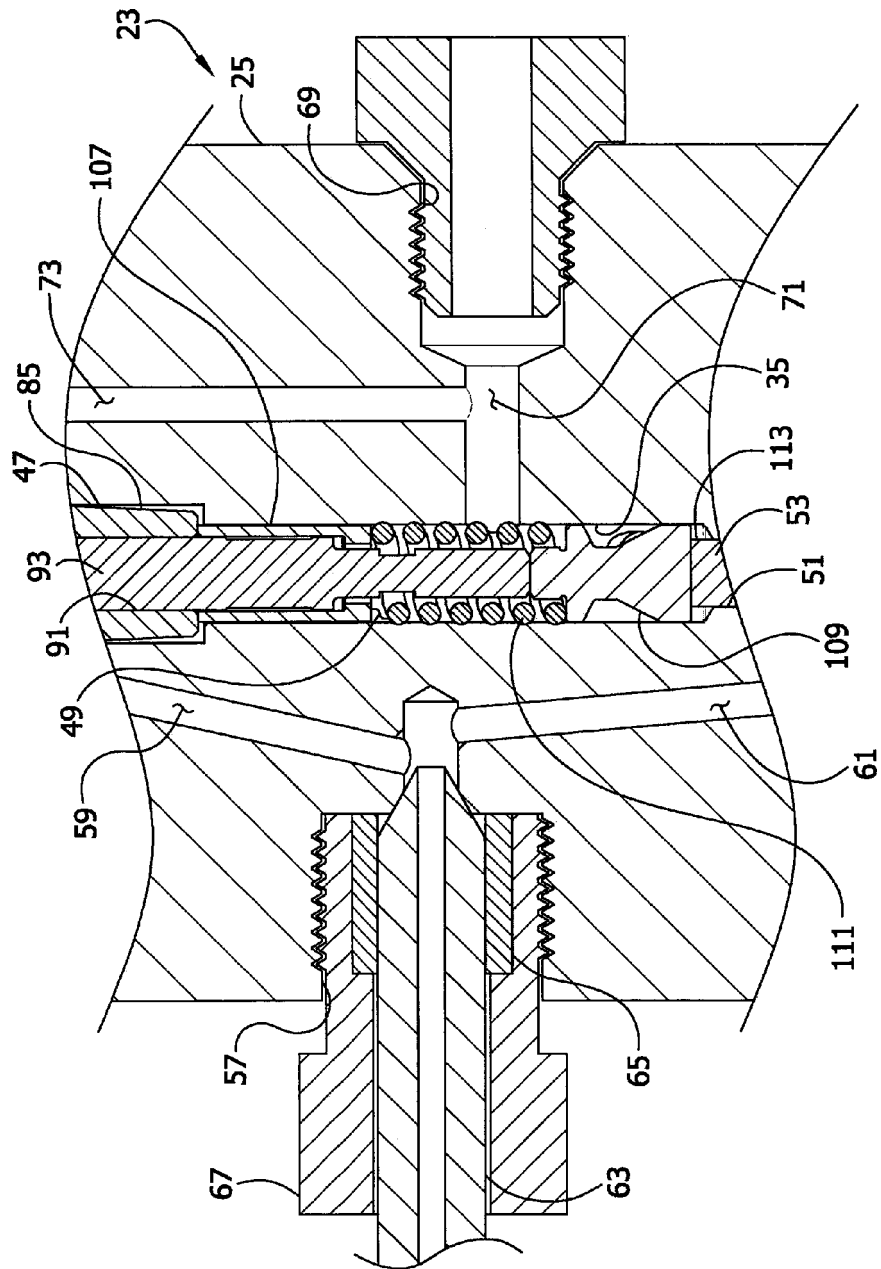


FIG. 4

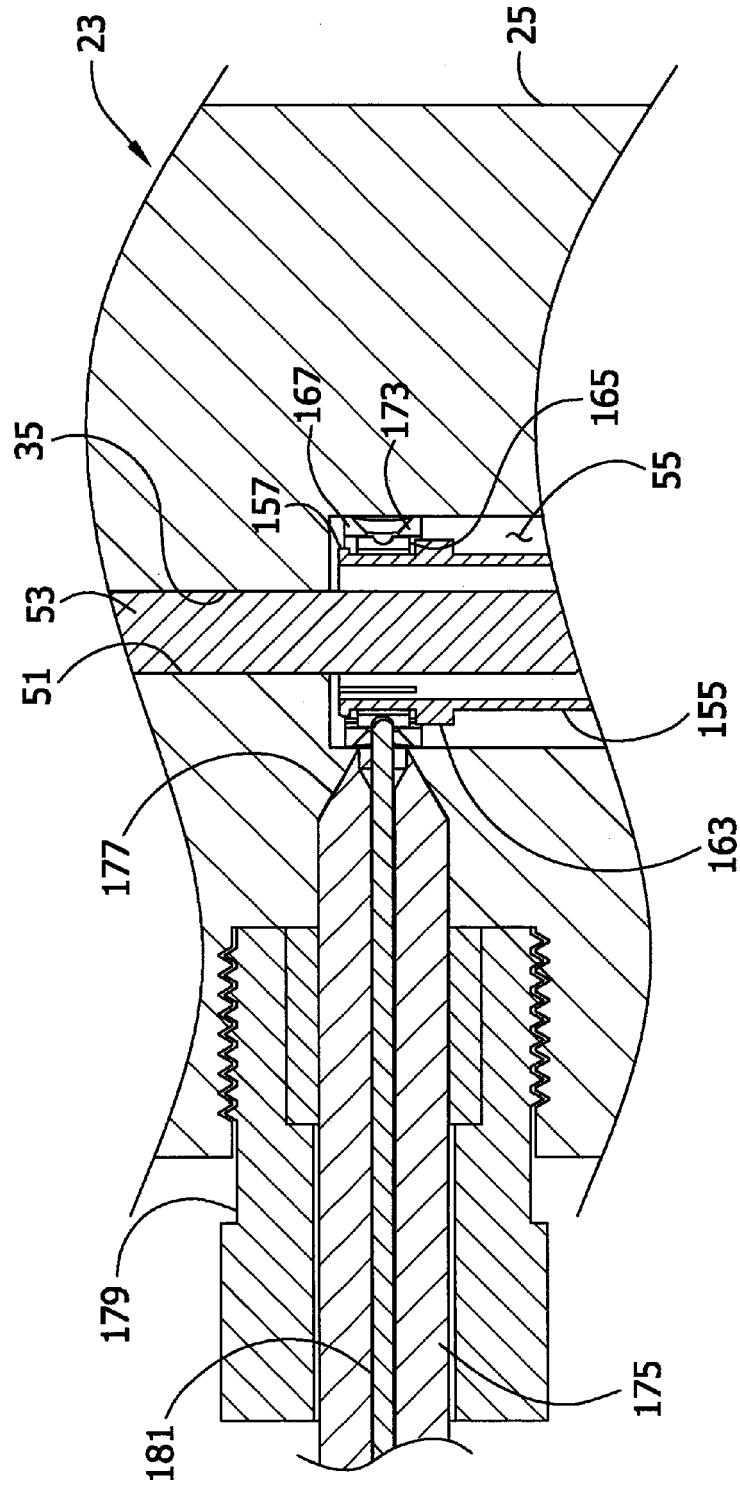


FIG. 5

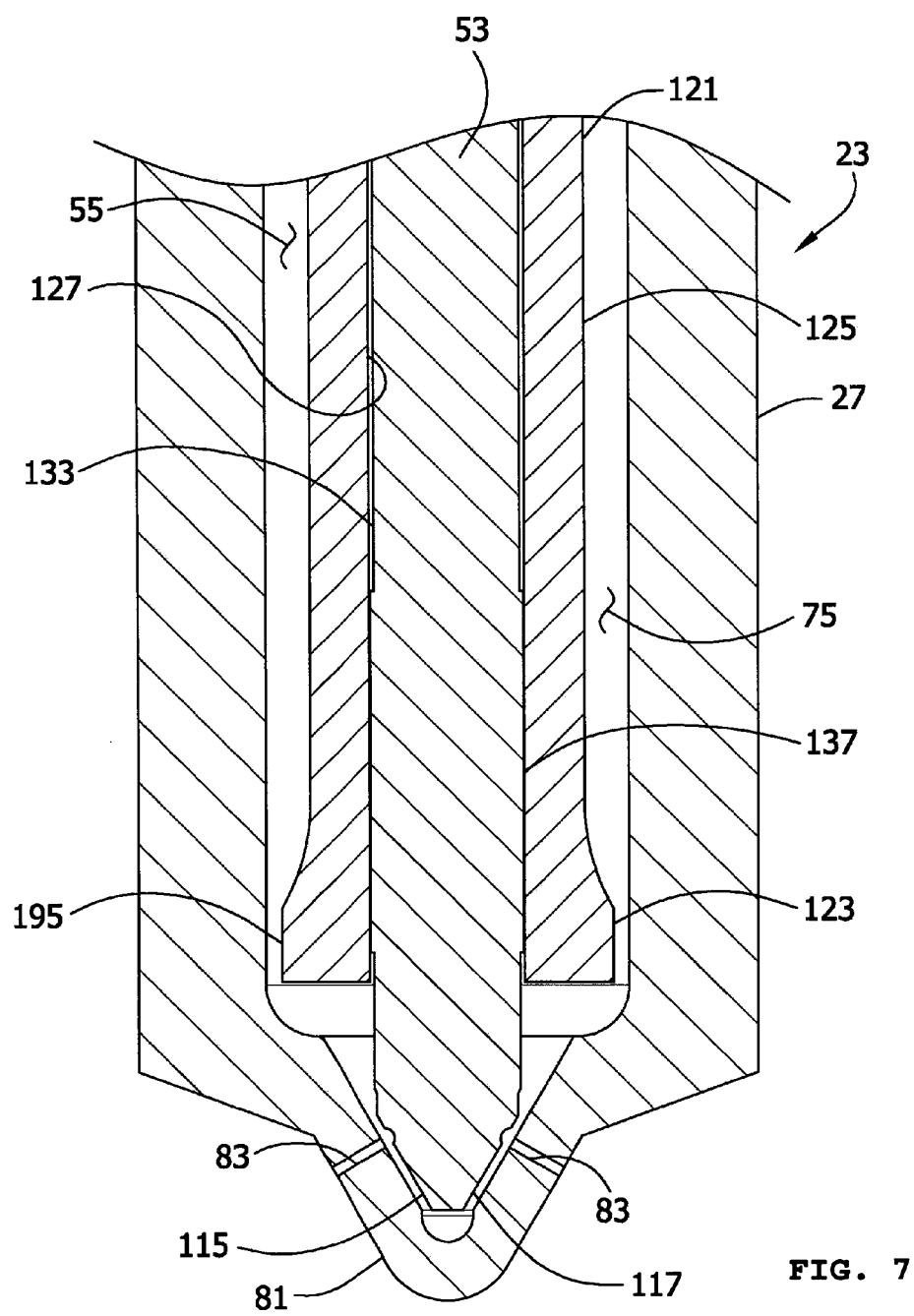




FIG. 8

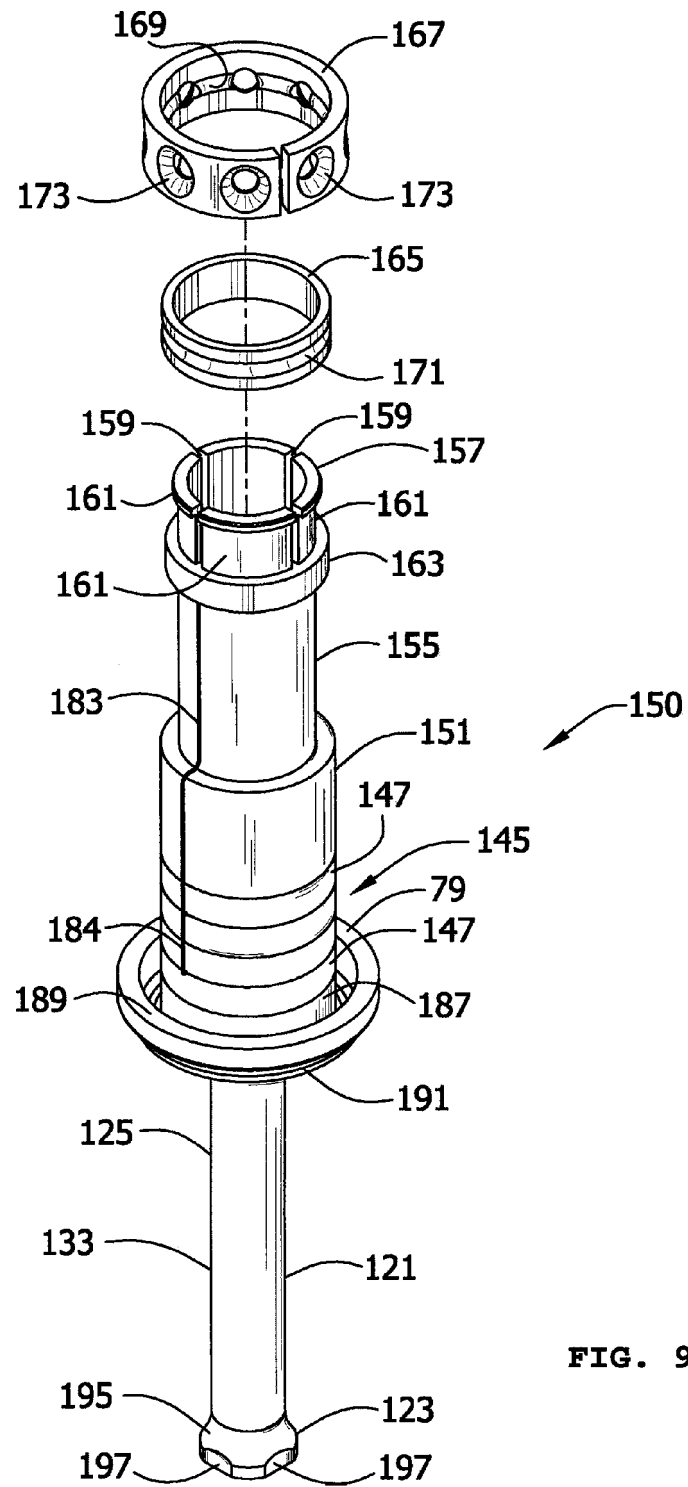
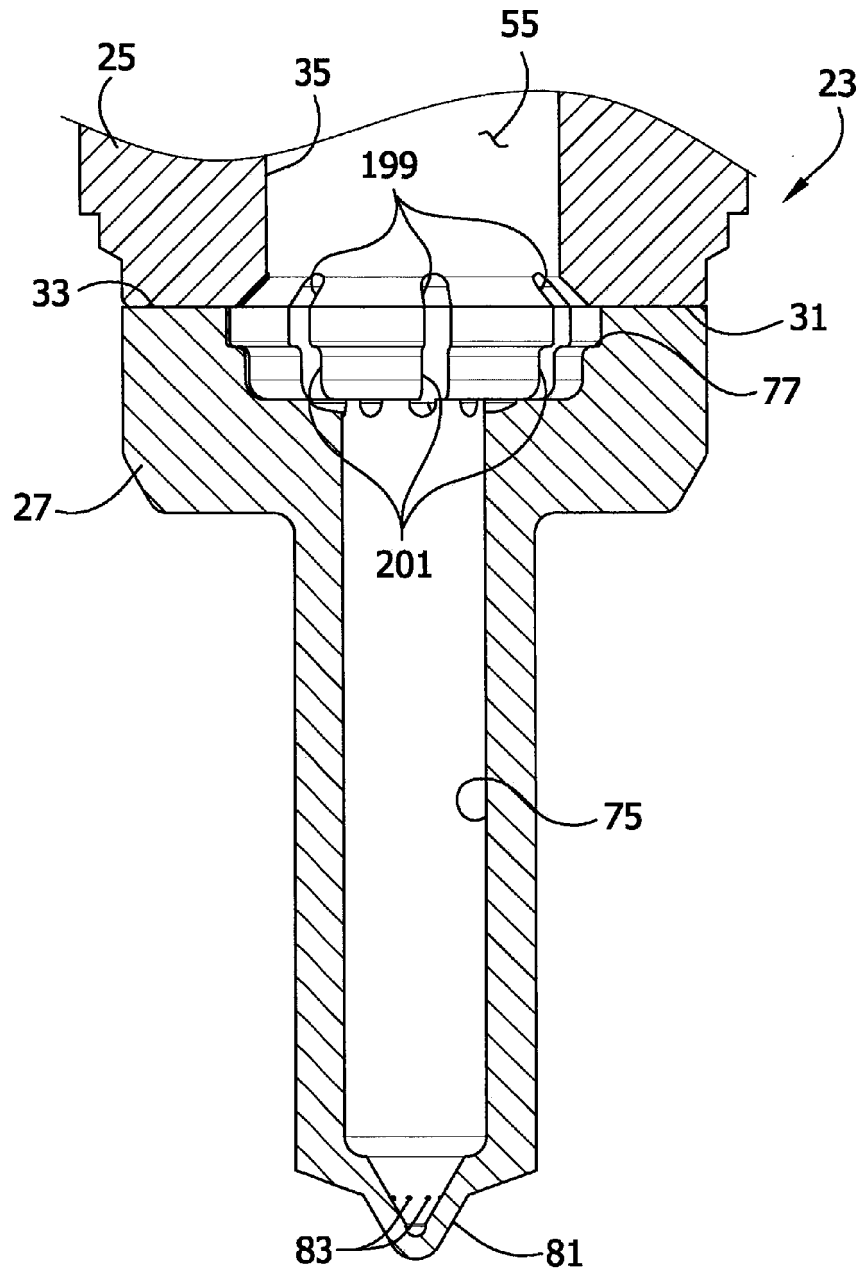


FIG. 9

**FIG. 10**

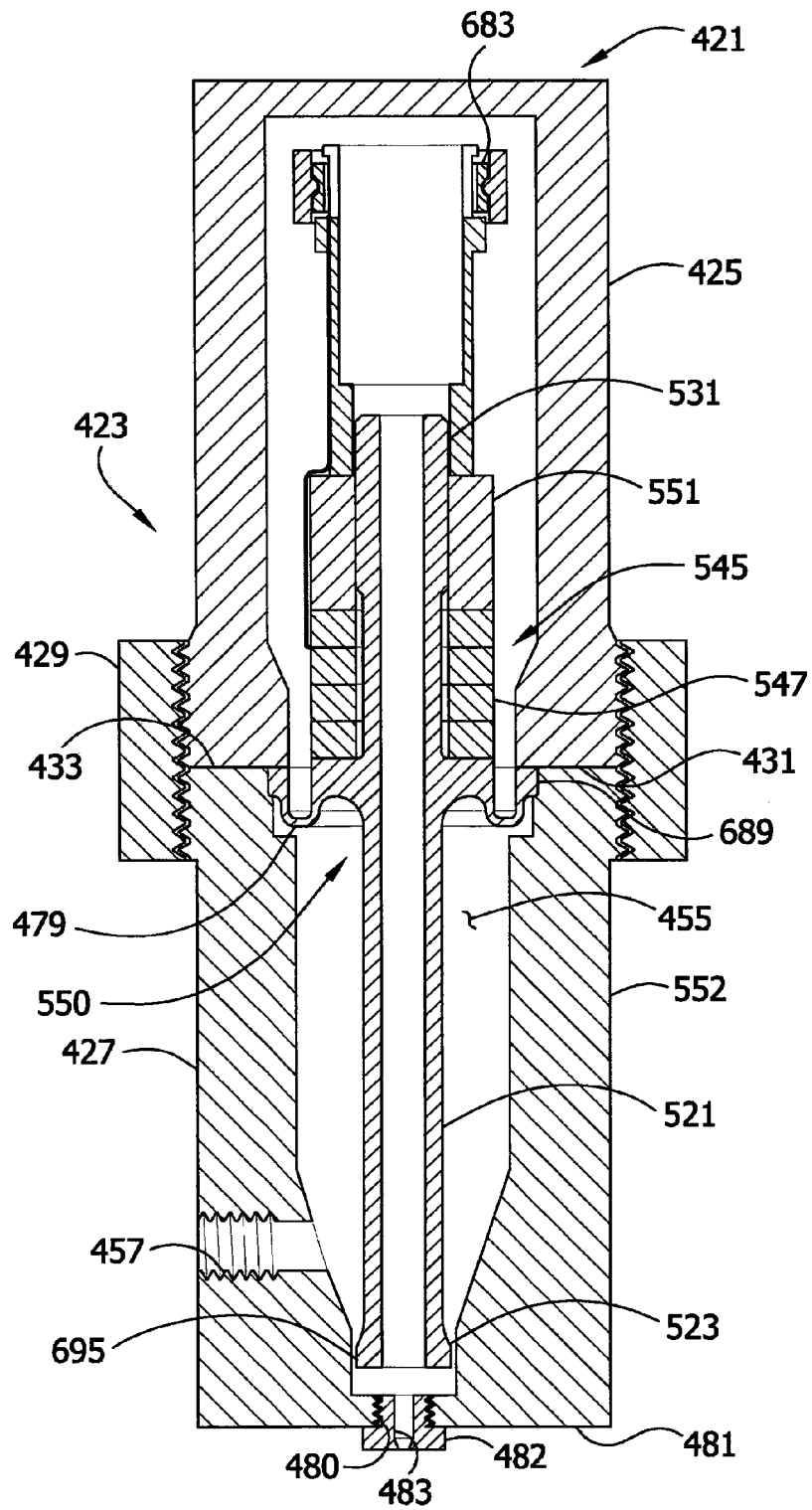
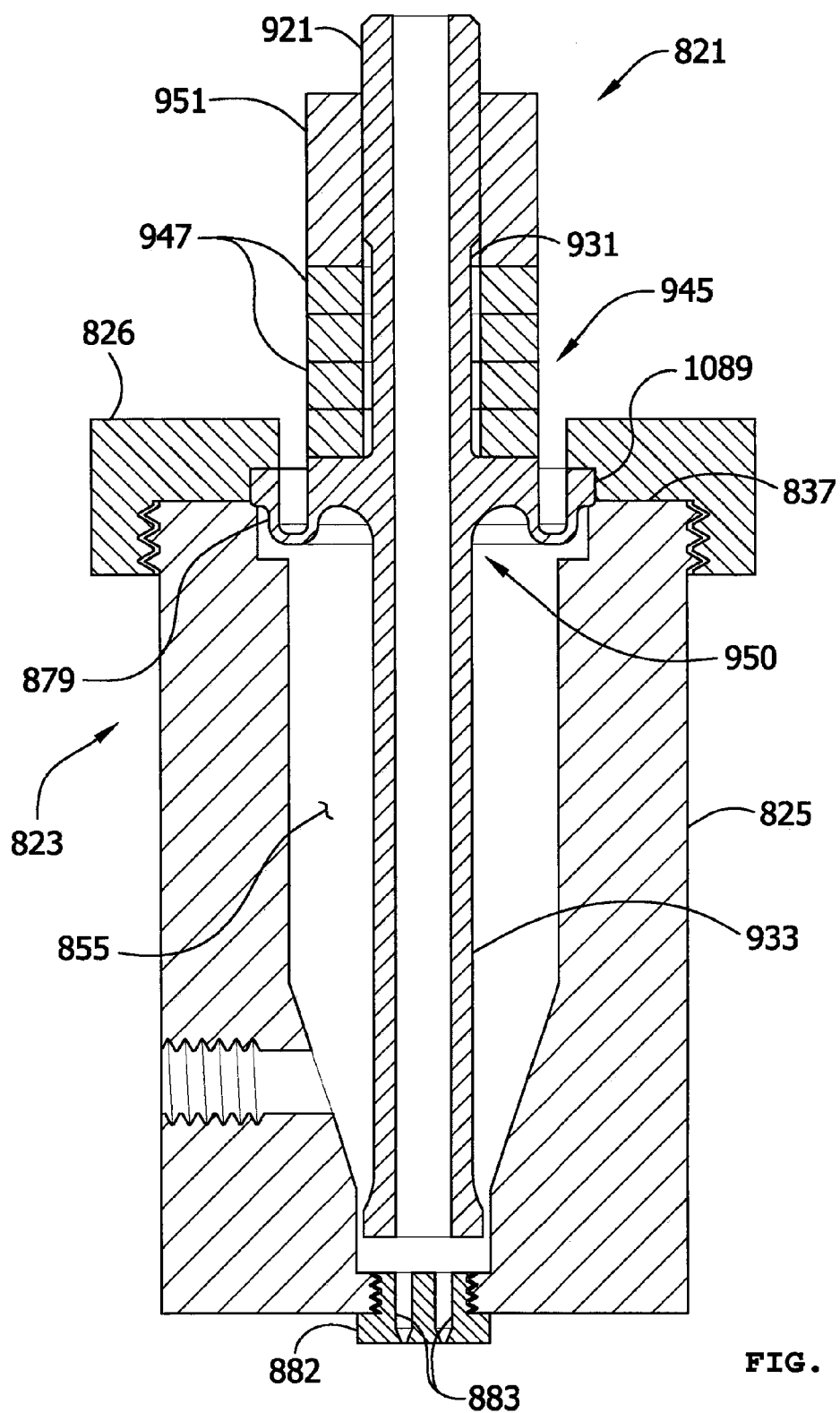
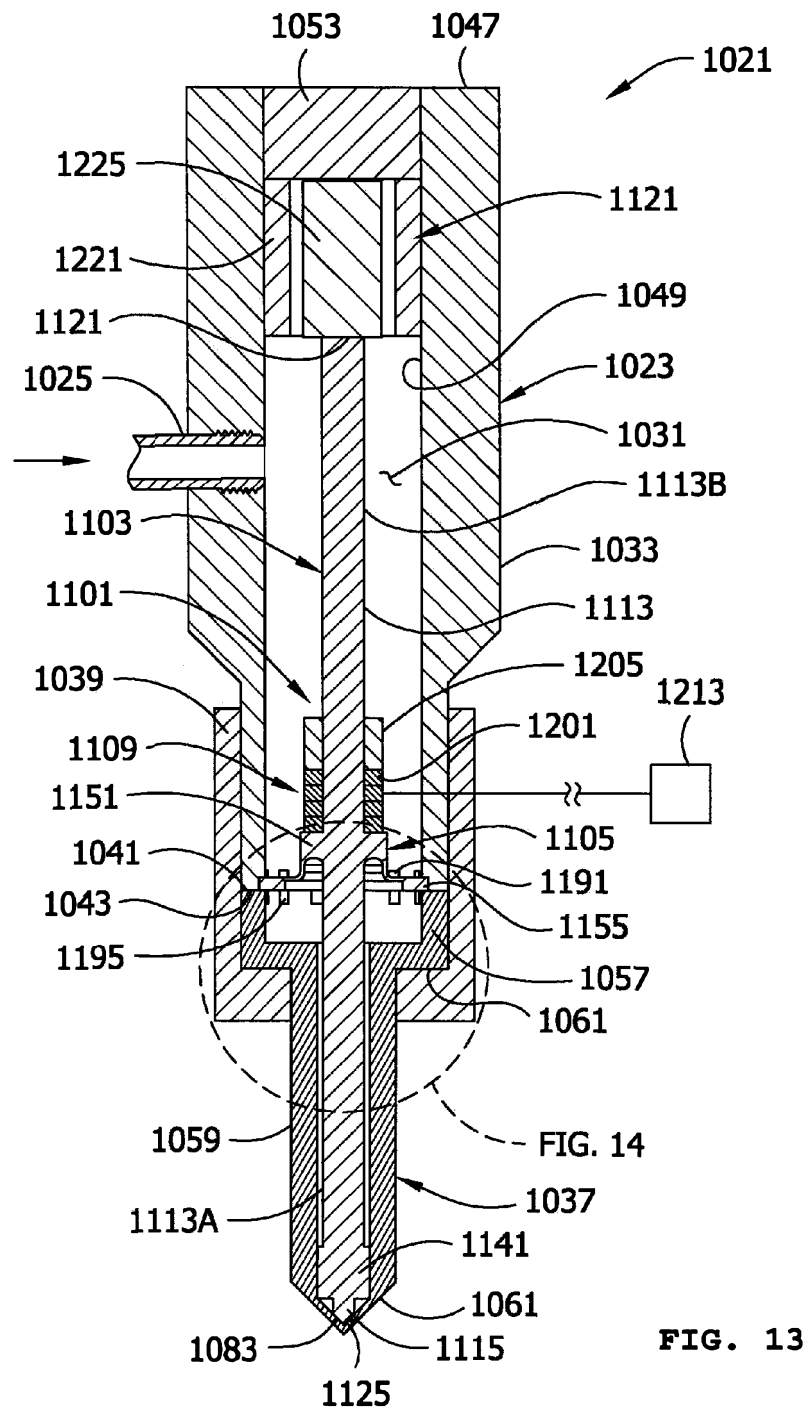


FIG. 11





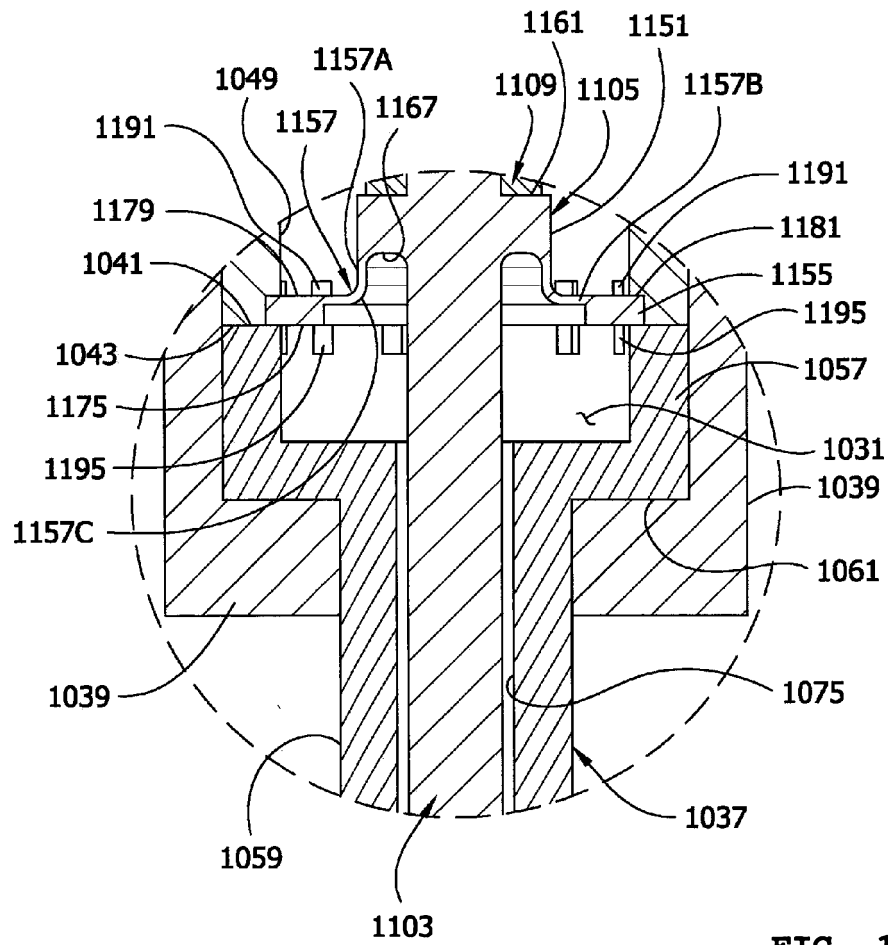


FIG. 14

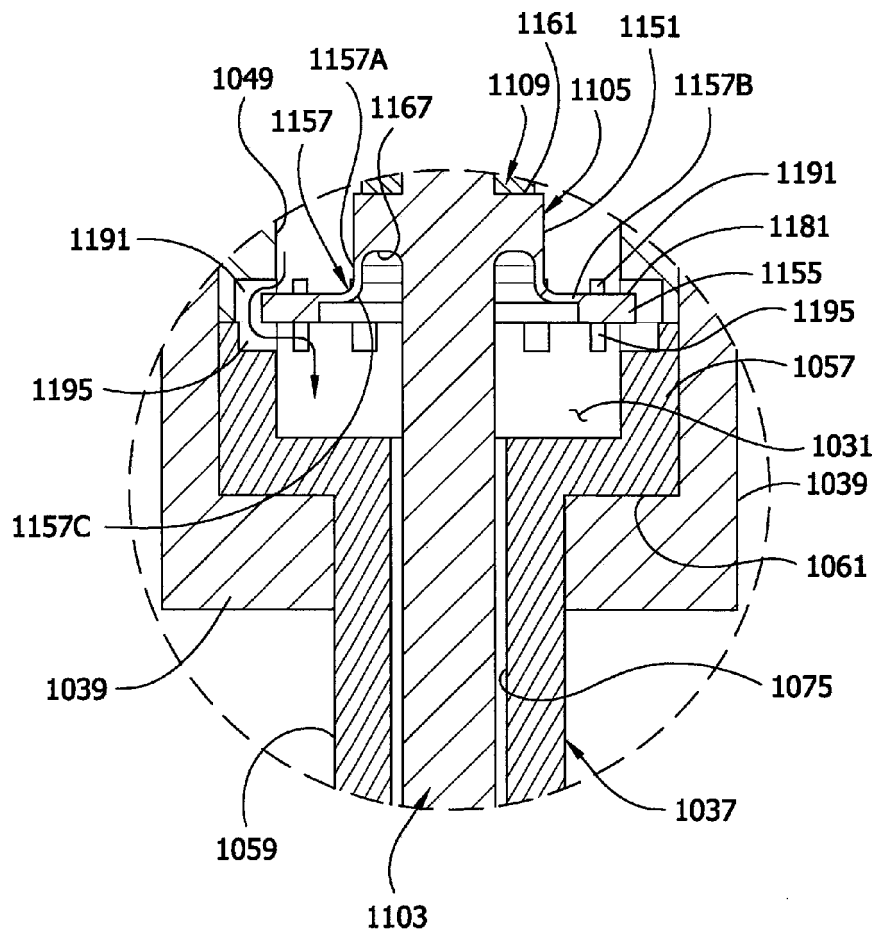


FIG. 15

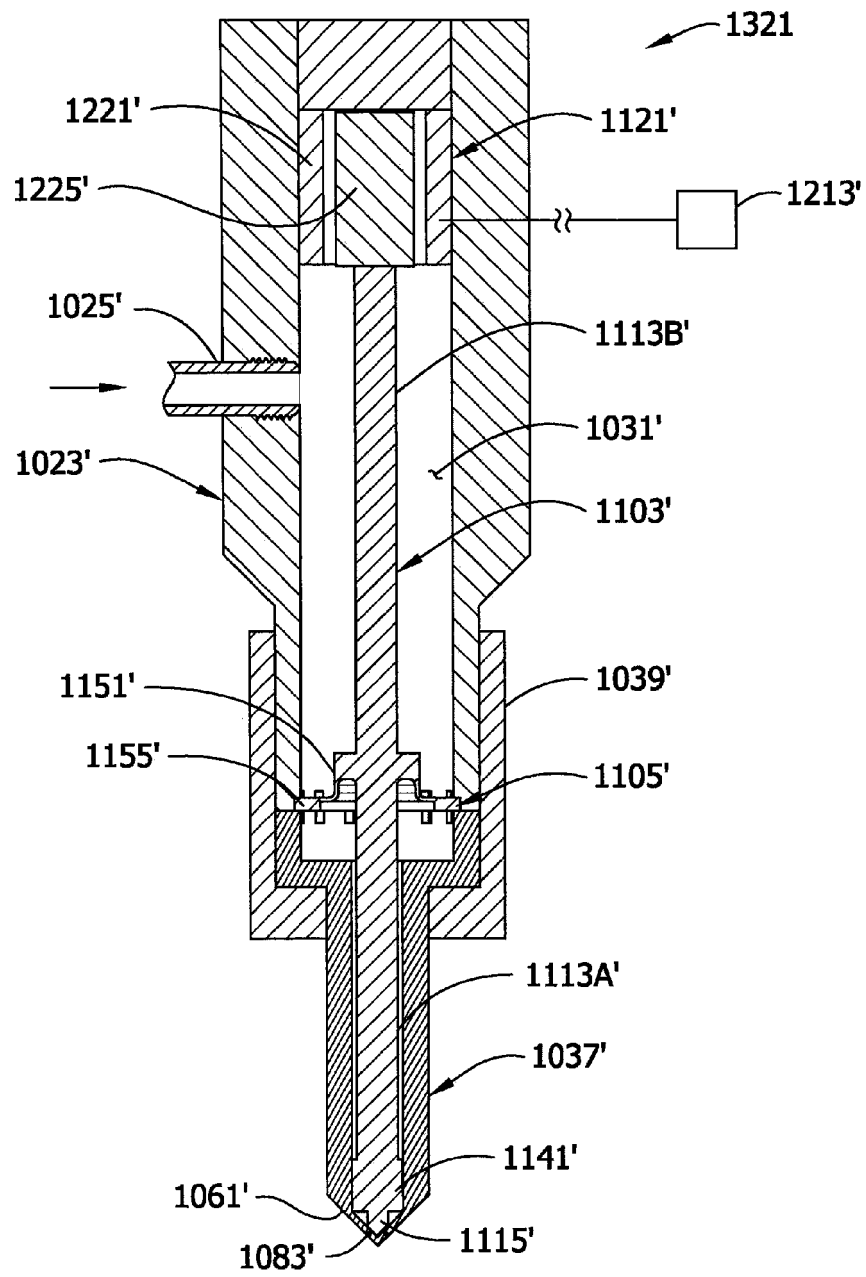


FIG. 17

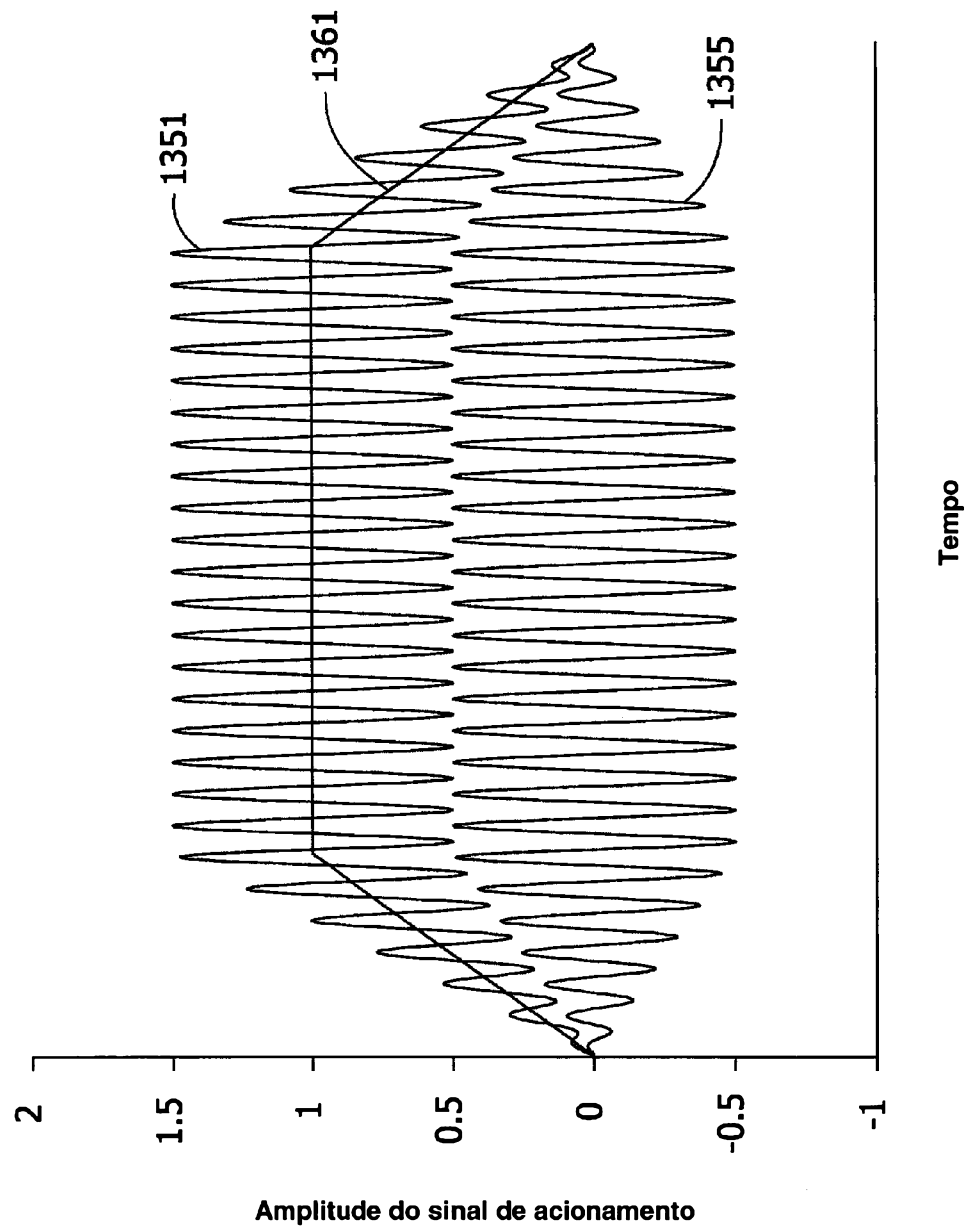


FIG. 18

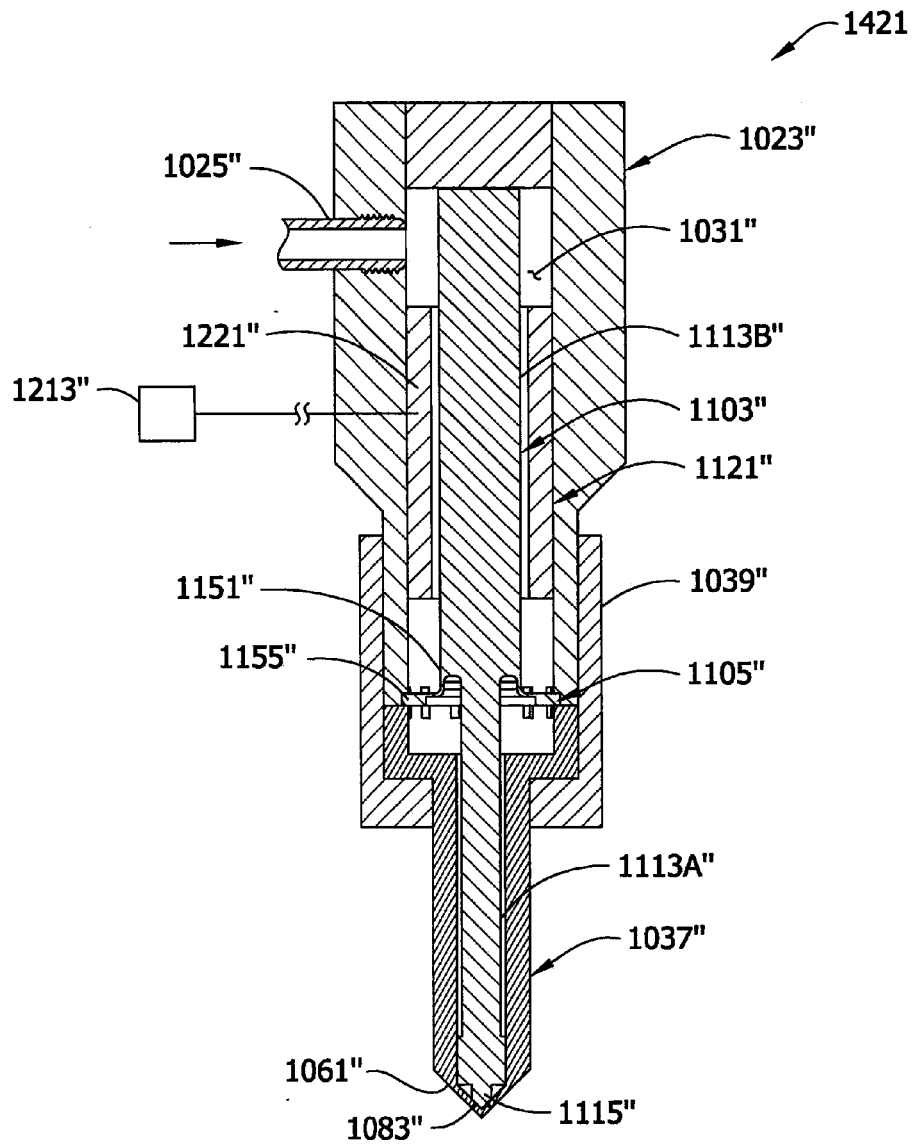


FIG. 19

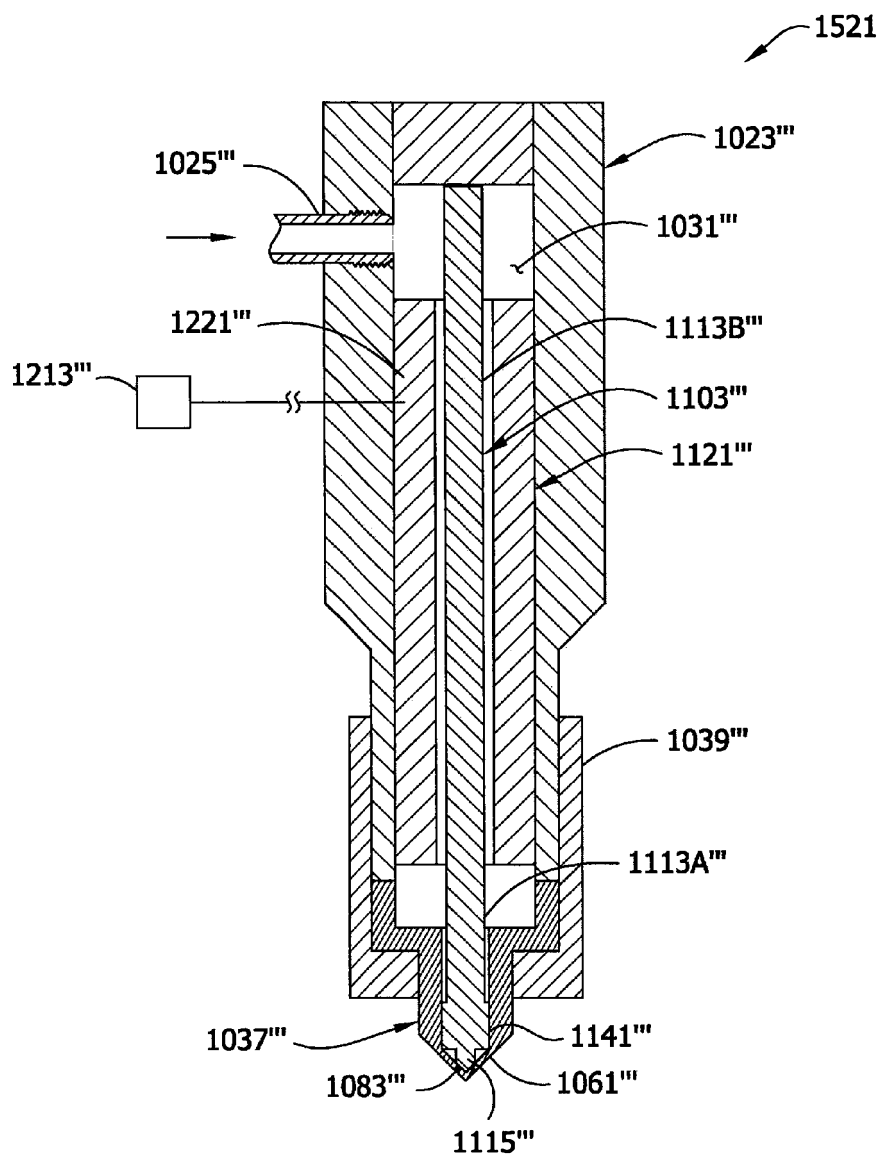


FIG. 20

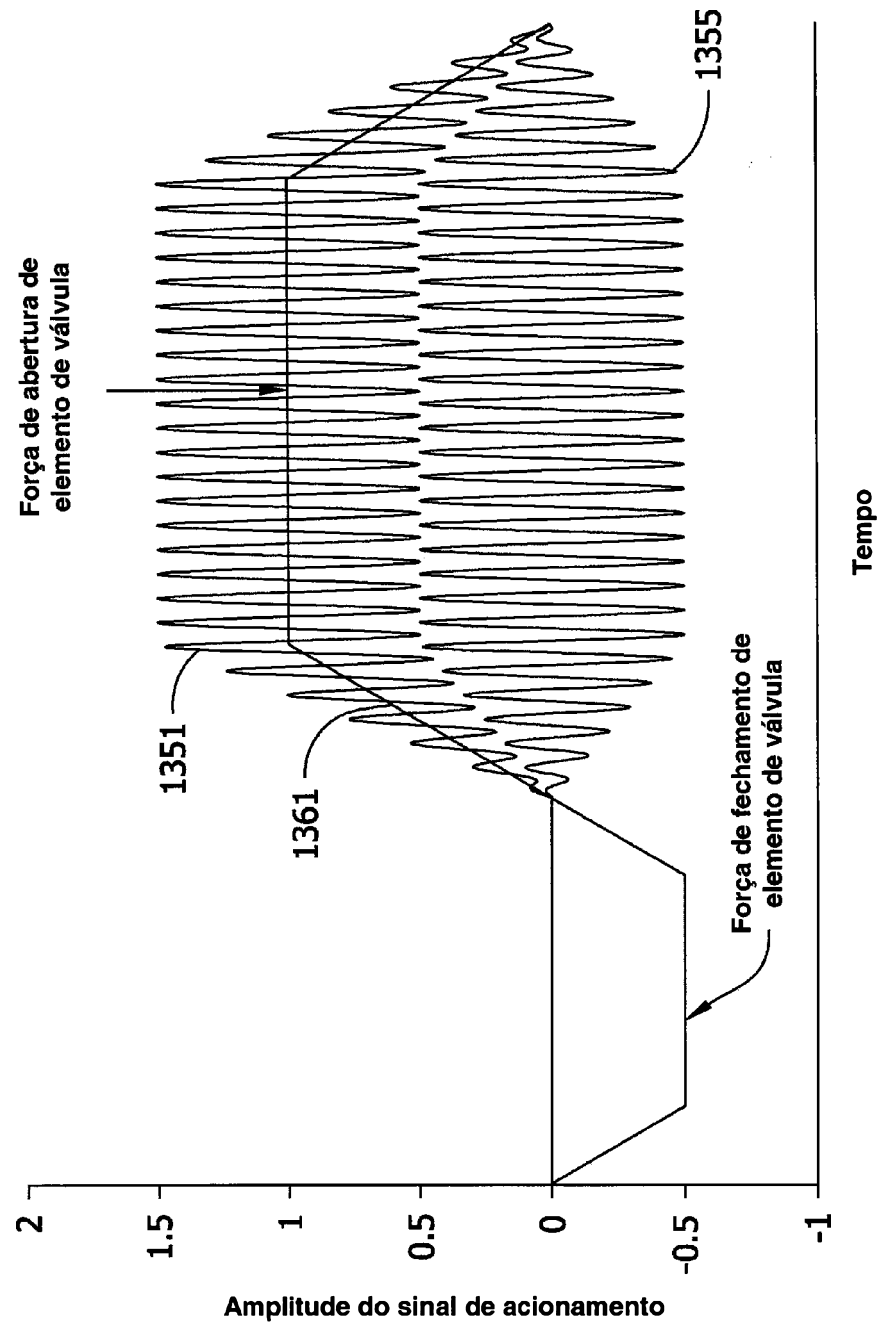


FIG. 21

RESUMO

DISPOSITIVO ULTRASSÔNICO PARA LIBERAÇÃO DE LÍQUIDO E MÉTODO DE OPERAÇÃO DO MESMO

5 É apresentado um dispositivo ultrassônico para liberação de líquido incluindo uma câmara interna e pelo menos uma passagem de exaustão que se comunica com a câmara interna. Uma guia de ondas ultrassônica na câmara interna energiza ultrassonicamente o líquido dentro da câmara antes
10 que o líquido seja retirado através da passagem de exaustão. A guia de ondas inclui um elemento de válvula móvel em relação ao recipiente entre uma posição aberta e uma posição fechada da passagem de exaustão. Um dispositivo de excitação é operável na posição aberta do elemento de válvula para
15 excitar de maneira ultrassônica a guia de ondas, para atomizar o líquido que sai pela passagem de exaustão.