



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

(11) PI 0704505-0 B1



(22) Data do Depósito: 12/12/2007

(45) Data de Concessão: 24/03/2020

(54) Título: INJETOR ELETROMAGNÉTICO DE COMBUSTÍVEL PARA UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA COM INJEÇÃO DIRETA

(51) Int.Cl.: F02M 61/04.

(30) Prioridade Unionista: 12/12/2006 EP 06425829.6.

(73) Titular(es): MAGNETI MARELLI POWERTRAIN S.P.A..

(72) Inventor(es): LUCA CAGNOLATI; MASSIMO MATTIOLI; MARCELLO CRISTIANI; MARCELLO CRISTIANI.

(57) Resumo: "INJETOR ELETROMAGNÉTICO DE COMBUSTÍVEL PARA UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA COM INJEÇÃO DIRETA". Trata-se de um injetor de combustível, caracterizado por compreender: uma válvula de injeção (7) provida de uma agulha móvel (15) para regular o fluxo de combustível através de um bico injetor (3); um corpo de suporte (4) tendo um eixo tubular e apresentando um canal de alimentação (5) que termina com a válvula de injeção (7); e um atuador eletromagnético (6) que compreende uma mola (10), a qual tende a manter a agulha (15) na posição de fechamento, e um eletroímã (8), o qual compreende uma bobina (11) disposta fora do corpo de suporte (4), um induzido magnético fixo (12) disposto dentro do corpo de suporte, e um retentor (9), que é disposto dentro do corpo de suporte (4) e magneticamente atraído pelo induzido magnético (12) contra a propensão da mola (10), e mecanicamente conectado à agulha (15); a bobina (11) apresentando um formato toroidal tendo uma superfície anular interna (30), que está diretamente em contato com uma superfície externa (31) do corpo de suporte (4) sem a interposição de nenhum elemento intermediário. (Figura 2).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção
para **“INJETOR ELETROMAGNÉTICO DE
COMBUSTÍVEL PARA UM MOTOR DE COMBUSTÃO
INTERNA COM INJEÇÃO DIRETA”**.

5

CAMPO TÉCNICO

A presente invenção se refere a um injetor eletromagnético de combustível para um motor de combustão interna com injeção direta.

ESTADO DA TÉCNICA

10

Os injetores eletromagnéticos de combustível (por exemplo, do tipo descrito no pedido de patente EP1635055A1) compreendem um corpo tubular cilíndrico que apresenta um canal de alimentação central, o qual realiza a função de condução do combustível e termina com um bico injetor regulado por uma válvula de injeção controlada por um atuador eletromagnético. A válvula de injeção é munida de uma agulha, que é conectada rigidamente a um retentor móvel do atuador eletromagnético entre uma posição de fechamento e uma posição de abertura do bico injetor contra a propensão de uma mola que tende a manter a agulha na posição de fechamento. A sede da válvula é definida por um elemento de vedação, que tem a forma de um disco, que fecha de forma estanque, na parte inferior, o canal central do corpo de suporte, e que é atravessado pelo bico injetor.

25

A curva de tempo de acionamento / quantidade de combustível injetado (isto é, a lei que associa o tempo de

acionamento à quantidade de combustível injetada) de um injetor eletromagnético é em geral bastante linear, mas apresenta um degrau inicial (isto é, apresenta um aumento gradual em tempos de acionamento mais curtos e, portanto, em menores quantidades de combustível injetado). Em outras palavras, o injetor eletromagnético apresenta inércias de origem mecânica, e, sobretudo, de origem magnética, que limitam a velocidade de deslocamento da agulha, e, portanto, o injetor eletromagnético não é capaz de efetuar injeções de quantidades muito reduzidas de combustível com a precisão necessária.

Convencionalmente, a capacidade de efetuar injeções de combustível de duração muito reduzida com a precisão necessária é expressa por um parâmetro chamado de “Taxa de Fluxo Linear”, definida como a relação entre a injeção máxima e a injeção mínima em razão linear.

Devido à “Taxa de Fluxo Linear” relativamente alta, o injetor eletromagnético pode ser usado em um motor de combustão interna com injeção direta em que o injetor não seja acionado para injetar pequenas quantidades de combustível; no entanto, o injetor eletromagnético não pode ser usado em um motor de combustão interna com injeção direta em que o injetor é acionado constantemente para injetar pequenas quantidades de combustível de modo a efetuar uma série de injeções-piloto antes de a injeção principal (por exemplo, como ocorre em um motor de combustão interna de ciclos Otto equipado com turbocompressor).

De modo a obter um injetor com uma alta “Taxa de Fluxo Linear”, foi sugerido o uso de um acionador piezelétrico em vez do acionador eletromagnético tradicional. O injetor piezelétrico é muito rápido, e por isso apresenta uma alta “Taxa de Fluxo Linear”; entretanto, o injetor piezelétrico é muito mais caro do que um injetor eletromagnético equivalente em virtude do alto custo dos materiais piezelétricos. Para se ter uma idéia, o custo de um injetor piezelétrico pode ser de até três vezes o custo de um injetor eletromagnético equivalente.

De modo a obter um injetor com uma alta “Taxa de Fluxo Linear”, também foi sugerido fabricar um atuador eletromagnético multipolar em vez de um atuador eletromagnético monopolar tradicional; entretanto, os custos de produção do atuador eletromagnético multipolar são consideravelmente maiores do que o de um injetor tradicional com atuador eletromagnético monopolar.

REVELAÇÃO DA INVENÇÃO

O objetivo da presente invenção é oferecer um injetor eletromagnético de combustível para motor de combustão interna com injeção direta, livre das desvantagens já mencionadas, e que, em especial, seja de fácil implementação e tenha boa relação custo-benefício.

De acordo com a presente invenção, um injetor eletromagnético de combustível para um motor de combustão interna com injeção direta é proporcionado conforme reivindicado nas reivindicações em anexo.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A presente invenção é descrita a seguir, com referência aos desenhos concomitantes, os quais ilustram um exemplo não restritivo de sua concretização, no qual:

5 - a figura 1 é uma vista esquemática, em seção lateral e com partes removidas para clareza, de um injetor de combustível produzido de acordo com a presente invenção;

- a figura 2 ilustra, em escala ampliada, um acionador eletromagnético do injetor na figura 1; e

10 - a figura 3 ilustra, em escala ampliada, uma válvula de injeção do injetor na figura 1.

CONCRETIZAÇÕES PREFERIDAS DA INVENÇÃO

Na figura 1, o número 1 indica, como um todo, um injetor de combustível, que apresenta uma simetria essencialmente cilíndrica ao redor de um eixo geométrico longitudinal 2, e que é adaptado para ser controlado para injetar combustível a partir de um bico injetor 3, que conduz diretamente para dentro de uma câmara de combustão (não ilustrada) de um cilindro. O injetor 1 compreende um corpo de suporte 3, que possui um formato tubular cilíndrico de seção variável ao longo do eixo geométrico longitudinal 2 e apresenta um canal de alimentação 5 estendendo-se ao longo de todo o comprimento do próprio corpo de suporte 4 para alimentar combustível pressurizado em direção ao bico injetor 3. O corpo de suporte 4 acomoda um atuador eletromagnético 6 na parte superior e uma

15
20
25

válvula de injeção 7 na parte inferior; em uso, a válvula de injeção 7 é acionada pelo atuador eletromagnético 6 para ajustar o fluxo de combustível através do bico injetor 3, que é obtido na própria válvula de injeção 7.

5 O atuador eletromagnético 6 compreende um eletroímã 8, que é acomodado numa posição fixa dentro do corpo de suporte 4 e que, quando energizado, é adaptado para deslocar um retentor de material ferromagnético 9 ao longo do eixo geométrico 2 a partir de uma posição de fechamento até uma
10 posição de abertura da válvula de injeção 7 contra a propensão de uma mola 10 que tende a manter o retentor 9 na posição de fechamento da válvula de injeção 7. Em particular, o eletroímã 8 compreende uma bobina 11, que é alimentada eletricamente por uma unidade de controle de acionamento (não ilustrada) e é
15 acomodada externamente em relação ao corpo de suporte 4, e um induzido magnético, que é acomodado dentro do corpo de suporte 4 e apresenta um furo central 13 para permitir o fluxo de combustível em direção ao bico injetor 3. Um corpo de retenção 14, que apresenta um formato cilíndrico tubular (possivelmente
20 aberto ao longo de uma geratriz) para permitir o fluxo de combustível em direção ao bico injetor 3, é adaptado para manter a mola 10 comprimida contra o retentor 9, e é encaixado em posição fixa dentro do furo central 13 do induzido magnético 12.

O retentor 9 faz parte de um equipamento
25 móvel, que adicionalmente compreende um obturador ou agulha 15, tendo uma parte superior integrada ao retentor 9 e uma parte

inferior cooperando com uma sede de válvula 16 (ilustrada na figura 3) da válvula de injeção 7 para ajustar o fluxo de combustível através do bico injetor 3 de maneira conhecida.

Como ilustrado na figura 3, a sede de válvula 15 é definida em um corpo de vedação 17, que é monolítico e compreende um elemento de tampa em forma de disco 18, que fecha de forma estanque, no lado inferior, o canal de alimentação 5 do corpo de suporte 4, sendo atravessado pelo bico injetor 3. Do elemento de tampa 18, surge um elemento de guia 19, que tem um formato tubular, acomoda-se dentro de uma agulha 15 para definir uma guia inferior da própria agulha 15 e apresenta um diâmetro externo menor que o diâmetro interno do canal de alimentação 5 do corpo de suporte 4, de modo a definir um canal anular externo 20 através do qual o combustível pressurizado pode circular.

Quatro furos passantes de alimentação 21 (apenas um deles sendo ilustrado na figura 3), que levam em direção à sede de válvula 16 para permitir o fluxo de combustível pressurizado em direção à própria sede de válvula 16, são obtidos na parte inferior do elemento de guia 19. Os furos de alimentação 21 podem estar afastados em relação a um eixo geométrico longitudinal 2 de modo a não convergirem em direção ao próprio eixo geométrico longitudinal 2 e para imprimir, em uso, um fluxo vertical aos fluxos de combustível correspondentes, ou os furos de alimentação 21 podem convergir em direção ao eixo geométrico longitudinal 2. De preferência, os furos de alimentação 21 são dispostos inclinados por um ângulo de 70° (de forma mais geral,

de 60° a 80°) em relação ao eixo geométrico longitudinal 2; de acordo com uma concretização diferente, os furos de alimentação 21 formam um ângulo de 90° com o eixo geométrico longitudinal 2.

5 A agulha 15 termina com um cabeçote obturador essencialmente esférico 22, que é adaptado para repousar, de forma estanque, sobre a sede de válvula 16; como alternativa, o cabeçote obturador 22 pode ter um formato essencialmente cilíndrico e ter apenas uma região contígua de
10 formato esférico. Além disso, o cabeçote obturador 22 repousa de maneira corrediça sobre uma superfície interna 23 do elemento de guia 19 de modo a ser guiado em seu movimento ao longo do eixo geométrico longitudinal 2. O bico injetor 3 é definido por uma multiplicidade de furos passantes de injeção 24, que são obtidos a
15 partir de uma câmara de injeção 25 disposta a jusante da sede de válvula 16; a câmara de injeção 25 pode ter um formato semi-esférico (como ilustrado na figura 3), um formato de cone truncado ou ainda qualquer outro formato.

Como ilustra a figura 2, o retentor 9 é um corpo
20 monolítico e compreende um elemento anular 26 e um elemento discóide 27, que fecha, inferiormente, o elemento anular 26 e apresenta um furo passante central adaptado para receber uma parte superior da agulha 16 e uma multiplicidade de furos passantes periféricos 28 (somente dois dos quais são ilustrados na
25 figura 3) adaptados para permitir o fluxo de combustível em direção ao bico injetor 3. Uma parte central do elemento discóide

27 tem o formato apropriado para acomodar e manter na posição correta uma extremidade inferior da mola 10. De preferência, a agulha 15 é formada como parte inteiriça do elemento discóide 27 do retentor 9 por meio de uma solda anular.

5 O elemento anular 26 do retentor 9 apresenta um diâmetro externo essencialmente idêntico ao diâmetro interno da parte correspondente do canal de alimentação 5 no corpo de suporte 4; desse modo, o retentor 9 pode deslizar em relação ao corpo de suporte 4 ao longo do eixo geométrico longitudinal 2,
10 mas não pode se mover transversalmente ao longo do eixo geométrico longitudinal em relação ao corpo de suporte 4 de modo algum. Uma vez que a agulha 15 é conectada rigidamente ao retentor 9, é evidente que o retentor 9 também funciona como
15 guia superior da agulha 15; conseqüentemente, a agulha 15 é guiada superiormente pelo retentor 9 e guiada inferiormente pelo elemento de guia 19.

De acordo com uma concretização possível, um dispositivo anti-retorno, que é adaptado para atenuar o retorno do cabeçote obturador 22 da agulha 15 contra a sede de válvula 16
20 quando a agulha 15 é deslocada da posição de abertura para a posição de fechamento da válvula de injeção 7, é conectado à face inferior do elemento discóide 27 do retentor 9.

Como se vê na figura 2, a bobina 11 é disposta fora do corpo de suporte 4 é formada por um fio 29 formado por
25 material condutor enrolado para formar várias espiras. A bobina 11 apresenta um formato toroidal com uma superfície interna

anular 30, que é definida pelas espiras internas do fio 29 e que está diretamente em contato com uma superfície externa 31 do corpo de suporte 4 sem a interposição de nenhum elemento intermediário. Em outras palavras, a bobina 11 é “enrolada ao ar” sem o uso de nenhum carretel de suporte interno e em seguida travada na configuração enrolada de modo a ser encaixada ao redor do corpo de suporte 4.

De acordo com uma concretização preferida, o fio 29 que constitui a bobina 11 é do tipo de auto-cementação e é revestido com uma camada interna 32 de material isolante e com uma camada externa 33 de material de cementação que se funde a uma temperatura inferior à do material isolante da camada interna 32. Assim que a bobina 11 for enrolada, o fio 29 é aquecido (por meio de uma fonte externa de calor ou por um efeito de Joule, fazendo com que uma corrente elétrica intensa circule ao longo do fio) de modo a causar a fusão da camada externa 33 de material de cementação sem danificar a camada interna 32 de material isolante; conseqüentemente, depois de resfriada, a bobina 11 apresenta uma estabilidade de formato apropriada que permite a montagem posterior da própria bobina 11.

De acordo com uma concretização preferida ilustrada nas figuras em anexo, a bobina 11 apresenta um formato “achatado”; em outras palavras, a altura medida axialmente da bobina 11 (isto é, paralelamente ao eixo geométrico longitudinal 2) é menor do que a largura medida radialmente da bobina 11 (isto é, perpendicular ao eixo geométrico longitudinal 2).

O eletroímã 8 compreende um núcleo magnético toroidal externo 34, que é disposto externamente ao corpo de suporte 4 e circunda a bobina 11 que é inserida em uma cavidade anular 35 obtida dentro do próprio núcleo magnético 34.

5 De acordo com uma concretização preferida, o núcleo magnético externo 34 é formado por um material ferromagnético com alta resistividade elétrica; desse modo, é possível reduzir o efeito de correntes de Foucault. Especificamente, o núcleo magnético externo 34 deve ser formado por um material ferromagnético com
10 uma resistividade elétrica pelo menos igual a $100 \mu\Omega \cdot m$ (materiais ferromagnéticos convencionais, como aço 430F, apresentam uma resistividade elétrica de aproximadamente $0.62 \mu\Omega \cdot m$). Por exemplo, o núcleo magnético 34 poderia ser formado de Somalloy 500, que possui uma resistividade elétrica
15 de aproximadamente $\mu\Omega \cdot m$, ou Somalloy 700, que possui uma resistividade elétrica de aproximadamente $400 \mu\Omega \cdot m$; De acordo com uma concretização preferida, o núcleo magnético 34 poderia ser formado de Somalloy 3P, tendo uma resistividade elétrica de aproximadamente $550 \mu\Omega \cdot m$.

20 O Somalloy 3P apresenta boas propriedades magnéticas e alta resistividade elétrica; por outro lado, tal material é muito frágil mecanicamente, e não é muito resistente a ataques químicos de elementos externos. Conseqüentemente, o núcleo magnético 34 é inserido dentro de um forro de
25 revestimento toroidal 36, que é formado de material plástico e co-moldado com o núcleo magnético 34. Além disso, um par de

vedações anulares 37, que são dispostas ao redor do corpo de suporte 4, em contato com o forro de revestimento toroidal 36, é contemplado e em lados opostos do forro de revestimento toroidal 36 de modo a evitar infiltrações dentro do próprio forro de revestimento toroidal 36.

Em virtude da presença do forro de revestimento 36 e das vedações anulares 37, o núcleo magnético 34 formado de Somalloy 3P é protegido adequadamente tanto contra tensões mecânicas quanto contra ataques químicos de elementos externos; conseqüentemente, o eletroímã 8 pode apresentar alta confiabilidade e vida útil prolongada.

Além do mais, um tubo metálico 38, que é de preferência encaixado com aperto no corpo de suporte 4 e também é encaixado em volta do forro de revestimento toroidal 36, é contemplado como proteção adicional. Na parte inferior, o tubo metálico 38 apresenta uma parte de cone truncado de modo a encerrar totalmente o forro de revestimento 36; em vez disso, sobre o forro de revestimento 36, contempla-se uma tampa anular 39 formada de material plástico (normalmente formada por duas metades encaixadas mutuamente), cuja função é manter o forro de revestimento 36 na posição correta e aumentar a resistência mecânica geral do injetor de combustível 1. De preferência, a tampa anular 39 é formada por uma arruela metálica interna, externamente circundada por uma arruela plástica co-moldada com ela.

De acordo com uma concretização preferida, o núcleo magnético externo 34 compreende dois seminúcleos magnéticos toroidais 40, que são mutuamente sobrepostos de modo a definir, entre eles, a cavidade anular 35 em que a bobina 11 é disposta. Cada núcleo magnético 34 é obtido por sinterização, isto é, o material magnético em pó é disposto dentro de um molde de sinterização e é formado por pressão.

Um seminúcleo magnético 34 apresenta um conduto axial 41 (isto é, paralelo ao eixo geométrico longitudinal 2) para definir uma passagem para um fio de energia elétrica 42 da bobina 11. De modo a reduzir o número de peças, de preferência os dois seminúcleos magnéticos 40 são mutuamente idênticos; conseqüentemente, ambos os seminúcleos magnéticos 40 apresentam respectivos condutos axiais 41, apenas um dos quais é engatado pelo fio de energia elétrica 42 da bobina 11.

De acordo com uma concretização preferida, a construção do núcleo magnético 3 contempla dispor um primeiro seminúcleo magnético 34 dentro de um molde (não ilustrado,), dispor a bobina 11 dentro do molde e sobre o primeiro seminúcleo magnético 34, dispor um segundo seminúcleo magnético 34 dentro do molde e sobre o primeiro seminúcleo magnético 34 de modo a formar o núcleo magnético 34 e encerrar a bobina junto com o primeiro seminúcleo magnético 34, e finalmente, injetar o material plástico dentro do molde para formar o forro de revestimento toroidal 36 em volta do núcleo magnético 34.

É importante observar que a dimensão da bobina 11 é minimizada ao adotar, em vez do sobremolde tradicional sobre um carretel, um enrolamento sem carretel (enrolando-se no ar) e um sobremolde externo (forro de revestimento 36) para o núcleo magnético 34 (formado por material sinterizado de alto resistividade) com isolamento da bobina 11 e do núcleo magnético 34 contra o ambiente externo por meio das duas vedações anulares 37.

De modo a reduzir o fluxo magnético disperso que não atravessa o induzido magnético 12 e o retentor 9, o corpo de suporte 4 (formado de material ferromagnético) apresenta uma parte intermediária essencialmente não-magnética, que é disposta na brecha entre o induzido magnético 12 e o retentor 9. De forma específica, a parte essencialmente não-magnética 43 é formada por uma contribuição local de material não-magnético (por exemplo, níquel). Em outras palavras, uma solda com contribuição de níquel permite tornar o corpo de suporte 4 não-magnético na brecha entre o induzido magnético 12 e o retentor 9.

De acordo com uma concretização preferida, a formação da parte intermediária essencialmente não magnética 43 contempla formar o corpo de suporte 4 inteiramente de material magnético, que é homogêneo e uniforme ao longo de todo o corpo de suporte 4, dispor um anel de material não-magnético em volta do corpo de suporte 4 e na posição da brecha entre o induzido magnético 12 e o retentor 9, e fundir (por exemplo, por meio de um feixe de laser) o anel de material não-magnético para obter

uma contribuição local do material não-magnético no corpo de suporte 4.

Em uso, quando o eletroímã 8 é desenergizado, o retentor 9 não é atraído pelo induzido magnético 12 e a força elástica da mola 10 impulsiona o retentor 9 para baixo junto com a agulha 15; nesta situação, o cabeçote obturador 22 da agulha 15 é pressionado contra a sede de válvula 16 da válvula de injeção 7, isolando o bico injetor 3 do combustível pressurizado. Quando o eletroímã 8 é desenergizado, o retentor 9 é atraído magneticamente pelo induzido 12 contra a propensão elástica da mola 10, e o retentor 9, junto com a agulha 15, é deslocado para cima, entrando em contato com o próprio induzido magnético 12; nesta situação, o cabeçote obturador 22 da agulha 15 é elevado em relação à sede de válvula 16 da válvula de injeção 7, e o combustível pressurizado pode circular através do bico injetor 3.

Conforme ilustrado na figura 3, quando o cabeçote obturador 22 da agulha 15 é elevado em relação à sede de válvula 16, o combustível chega à câmara de injeção 25 a partir do bico injetor 3 através do canal anular externo 20, e depois atravessa os quatro furos de alimentação 21; em outras palavras, quando o cabeçote obturador 22 é elevado em relação à sede de válvula 16, o combustível chega à câmara de injeção 25 do bico injetor 3, recobrando toda a superfície lateral externa do elemento de guia 19.

O injetor de combustível 1 descrito acima apresenta uma série de vantagens, pois sua implementação é fácil

e econômica, e apresenta inércias magnéticas reduzidas em relação a um injetor eletromagnético tradicional; portanto, a agulha 15 do injetor de combustível 1 descrito acima apresenta uma velocidade de movimento superior em relação a um injetor eletromagnético tradicional.

Uma série de simulações demonstrou que o injetor de combustível 1 descrito acima apresenta uma “Taxa de Fluxo Linear” aumentada em pelo menos 31% em relação a um injetor eletromagnético tradicional.

O resultado descrito acima é obtido em virtude da redução considerável das inércias magnéticas do eletroímã 8; tal redução das inércias magnéticas do eletroímã 8 é obtida em virtude da contribuição de três fatores separados:

Em virtude do fato de ser “enrolada no ar” (isto é, estar livre do carretel central), a bobina 11 do eletroímã 8 é muito compacta (apresentando, de forma indicativa, um volume total inferior a 40% com respeito às bobinas tradicionais), e, portanto, permite reduzir o volume (ou seja, a massa) do circuito magnético;

O núcleo externo magnético 34 é formado por um material magnético especial que possui alta resistividade (a saber, 800 a 900 vezes a resistividade elétrica dos materiais magnéticos tradicionais) de modo a reduzir o efeito de correntes de Foucault; e

Na brecha entre o induzido magnético 12 e o retentor 9, o corpo tubular 4 apresenta no local uma

permeabilidade magnética inferior graças à contribuição do níquel, de modo a reduzir o fluxo magnético disperso que não atravessa o induzido magnético 12 e o retentor 9.

Reivindicações

1. Injetor de combustível (1), compreendendo:

- uma válvula de injeção (7) munida de uma agulha (15) móvel entre uma posição de fechamento e uma posição de abertura para regular o fluxo de combustível através de um bico injetor (3);
- um corpo de suporte (4) tendo um formato tubular e apresentando um canal de alimentação (5) que termina com a válvula de injeção (7); e
- um atuador eletromagnético (6) que compreende uma mola (10), a qual tende a manter a agulha (15) na posição de fechamento, e um eletroímã (8), o qual compreende uma bobina (11) disposta externamente ao corpo de suporte (4) e formada por um fio (29) de material condutor enrolado para formar várias espiras, um induzido magnético fixo (12) disposto dentro do corpo de suporte (4), e um retentor (9) disposto dentro do corpo de suporte (4), que é magneticamente atraído pelo induzido magnético (12) contra a propensão da mola (10), e mecanicamente conectado à agulha (15);

sendo que a bobina (11) apresenta um formato toroidal com uma superfície interna anular (30), que é definida pelas espiras internas do fio (29) e que está diretamente em contato com uma superfície externa (31) do corpo de suporte (4) sem a interposição de nenhum elemento intermediário,

o injetor de combustível (1) sendo **caracterizado** pelo fato de que o fio (29) que constitui a bobina (11) é do tipo de auto-cementação e é revestido tanto com uma camada interna (32) de material isolante como com uma camada externa (33) de material de cementação que se funde a uma temperatura inferior à do material isolante da camada interna (32).

2. Injetor de combustível (1), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a altura medida axialmente da bobina (11) é menor do que a largura da bobina medida radialmente (11).

3. Injetor de combustível (1), de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado** pelo fato de que o eletroímã (8) compreende um núcleo magnético toroidal externo (34), que é disposto externamente ao corpo de suporte (4) e circunda a

bobina (11) que está inserida em uma cavidade anular (35) obtida dentro do próprio núcleo magnético (34).

4. Injetor de combustível (1), de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que o núcleo magnético externo (34) é formado por um material ferromagnético com alta resistividade elétrica.

5. Injetor de combustível (1), de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que o núcleo magnético externo (34) é formado por um material ferromagnético com resistividade elétrica igual a pelo menos $100 \mu\Omega \cdot m$.

6. Injetor de combustível! (1), de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** pelo fato de que o núcleo magnético externo (34) é formado de Somalloy 3P, com uma resistividade elétrica de aproximadamente $550 \mu\Omega \cdot m$.

7. Injetor de combustível (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações de 3 a 6, **caracterizado** pelo fato de que o núcleo magnético (34) é inserido dentro de um forro de revestimento toroidal (36), que é formado de material plástico e co-moldado com o próprio núcleo magnético (34).

8. Injetor de combustível (1), de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de que um par de vedações anulares (37), que são dispostas ao redor do corpo de suporte (4), em contato com o forro de revestimento toroidal (36) e nos lados opostos do forro de revestimento toroidal (36), é contemplado de modo a evitar infiltrações dentro do próprio forro de revestimento toroidal (36).

9. Injetor de combustível (1), de acordo com a reivindicação 7 ou 8, **caracterizado** pelo fato de que um tubo metálico (38) é contemplado, o qual é mecanicamente conectado ao corpo de suporte (4) e encaixado em volta do forro de revestimento toroidal (36).

10. Injetor de combustível (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações de 3 a 9, **caracterizado** pelo fato de que o núcleo magnético externo (34) compreende dois seminúcleos magnéticos toroidais (40), que são mutuamente sobrepostos de modo a definir entre eles a cavidade anular (35) na qual a bobina (11) é disposta.

11. Injetor de combustível (1), de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** pelo fato de que um seminúcleo magnético (34) apresenta um conduto

axial (41) para definir uma passagem para um fio elétrico (42) para alimentar a bobina (11).

12. Injetor de combustível (1), de acordo com a reivindicação 10 ou 11, **caracterizado** pelo fato de que os dois seminúcleos magnéticos (40) são mútua e perfeitamente idênticos.

13. Injetor de combustível (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações de 10 a 12, **caracterizado** pelo fato de que o núcleo magnético (34) é inserido dentro de um forro de revestimento toroidal (36), que é formado de material plástico e co-moldado junto com o próprio núcleo magnético (34); a construção do núcleo magnético (34) contempla:

- dispor um primeiro seminúcleo magnético (34) dentro de um molde;
- dispor a bobina (11) dentro do molde e sobre o primeiro seminúcleo magnético (34);
- dispor um segundo seminúcleo magnético (34) dentro do molde e sobre o primeiro seminúcleo magnético (34) de modo a formar o núcleo magnético (34) e encerrar a bobina junto com o primeiro seminúcleo magnético (34); e
- injetar material plástico dentro do molde para formar o forro de revestimento toroidal (36) em volta do núcleo magnético (34).

14. Injetor de combustível (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 13, **caracterizado** pelo fato de que o corpo de suporte (4) é formado de material ferromagnético e apresenta uma parte intermediária essencialmente não-magnética (43), a qual é disposta na brecha entre o induzido magnético (12) e o retentor (9).

15. Injetor de combustível (1), de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado** pelo fato de que a posição intermediária essencialmente não-magnética (43) é formada por uma contribuição local de material não-magnético.

16. Injetor de combustível (1), de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato de que a posição intermediária essencialmente não-magnética (43) é formada por uma contribuição local de níquel.

17. Injetor de combustível (1), de acordo com a reivindicação 15 ou 16, **caracterizado** pelo fato de que a formação das partes intermediárias essencialmente não-magnéticas (43) contempla:

- formar o corpo de suporte (4) inteiramente de material magnético, que é homogêneo e uniforme ao longo de todo o corpo de suporte (4);
- dispor um anel de material não-magnético em volta do corpo de suporte (4) e na parte da brecha entre o induzido magnético (12) e o retentor (9); e
- fundir o anel de material não- magnético no corpo de suporte (4).

18. Injetor de combustível (1), de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado** pelo fato de que o anel de material não-magnético é fundido por meio de um feixe de laser.

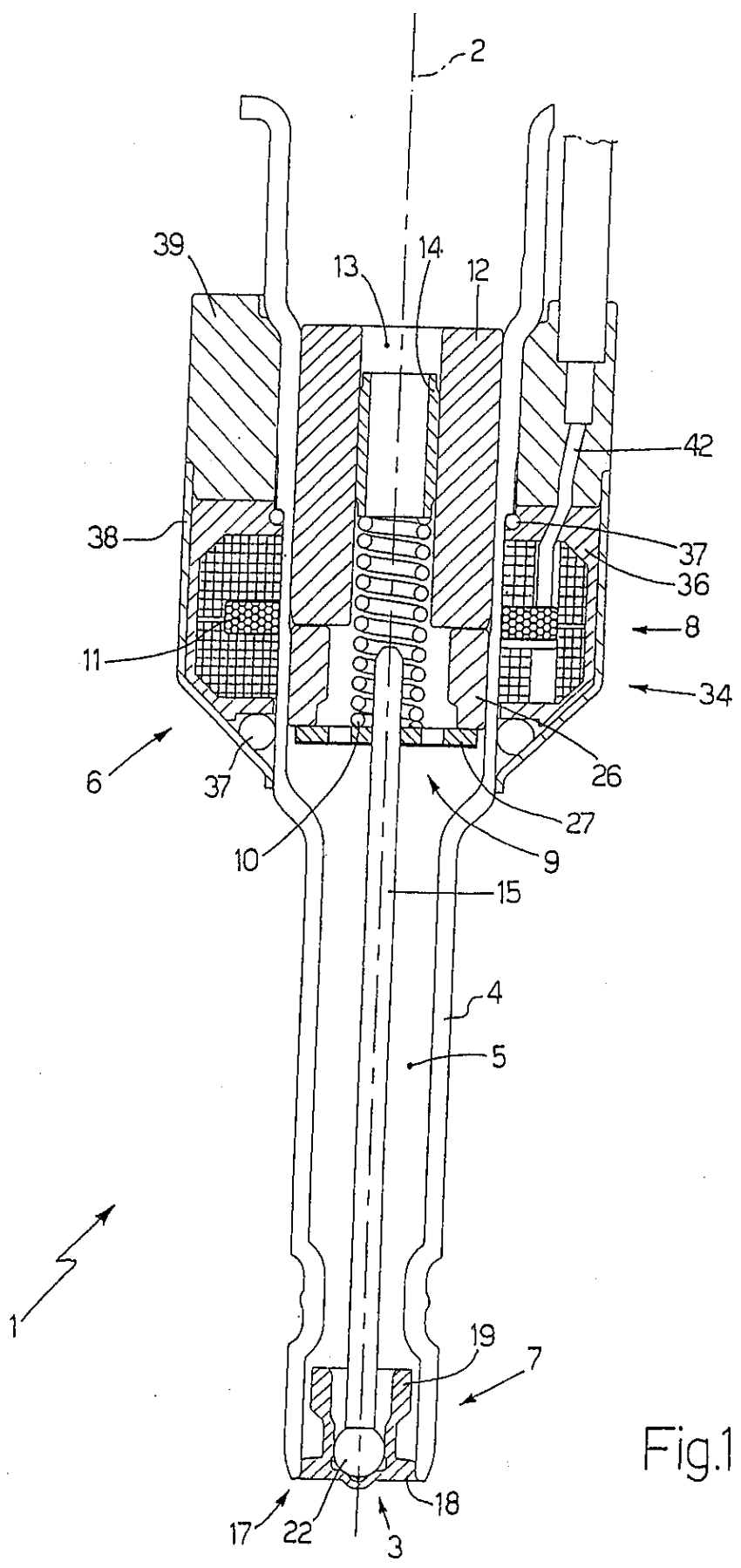


Fig.1

