



(11)

EP 2 811 150 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
13.06.2018 Patentblatt 2018/24

(51) Int Cl.:
F02M 51/06 ^(2006.01) **F02M 61/16** ^(2006.01)
F02M 61/18 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14165390.7**

(22) Anmeldetag: **22.04.2014**

(54) **Kraftstoffeinspritzventil**

Fuel injection valve

Soupape d'injection de carburant

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **05.06.2013 DE 102013210397**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.12.2014 Patentblatt 2014/50

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH 70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:
• **Seitter, Max**
75417 Muehlacker (DE)
• **Miokovic, Tatjana**
70569 Stuttgart (DE)
• **Sarfert, Frank**
70825 Korntal-Muenchingen (DE)
• **Wondraczek, Lutz**
70825 Korntal-Muenchingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1-102005 037 951 JP-A- S59 211 759
US-A- 5 534 081 US-A1- 2009 289 131
US-A1- 2010 025 500

- **DEUTSCHE EDELSTAHLWERKE: "1.4462 Nichtrostender austenitisch-ferritischer Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl", INTERNET CITATION, März 2008 (2008-03), Seiten 1-4, XP002695797, Gefunden im Internet: URL:http://www.dew-stahl.com/fileadmin/files/dew-stahl.com/documents/Publikationen/Werkstoffdatenblaetter/RSH/1.4462_de.pdf [gefunden am 2013-04-22]**
- **Bodycote Kolsterising: "Kolsterisieren - Korrosionfestes Oberflächenhärten von austenitischem, rostfreiem Stahl", , 31. Dezember 2005 (2005-12-31), XP055143654, Gefunden im Internet: URL:http://internet.bodycote.org/kolsterising/brochures/147-290_BODY_kolst_DE_FINR.pdf [gefunden am 2014-09-30]**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 811 150 B1

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektromagnetisch betätigbares Kraftstoffeinspritzventil mit einer Ventilnadel, welche zumindest teilweise aus Duplexstahl hergestellt ist.

[0002] Elektromagnetisch betätigbare Kraftstoffeinspritzventile sind aus dem Stand der Technik in unterschiedlichen Ausgestaltungen bekannt. Hierbei ist üblicherweise eine Ventilnadel an einem Magnetanker angeordnet, wobei für einen Einspritzvorgang die Ventilnadel mittels elektromagnetischer Kraft von einem geschlossenen Zustand in einen geöffneten Zustand und wieder zurück in den geschlossenen Zustand gebracht wird. Da im Betrieb Wärmedehnungen der Ventilnadel auftreten können, werden bisher martensitische Werkstoffe verwendet, welche insbesondere unter den Aspekten ihres Wärmedehnungsverhaltens und ihrer Verschleißbeständigkeit ausgewählt werden. Ein Nachteil dieser martensitischen Werkstoffe sind jedoch ihre magnetischen Eigenschaften. Hierdurch kann ein unerwünschter magnetischer Fluss von einem Magnetanker über die Ventilnadel zu einem Innenpol auftreten. Hierdurch können jedoch Schaltzeiten negativ beeinflusst werden und insbesondere ein magnetisches Kleben der Ventilnadel am Innenpol verstärkt werden.

[0003] Aus der US 2009/0289131 A1 ist bereits ein Kraftstoffeinspritzventil bekannt, das u.a. eine Ventilnadel, einen Magnetaktor mit einem Magnetanker und einem Innenpol umfasst. Mit einer Feder als Rückstellelement wird die Ventilnadel in die geschlossene Stellung am Ventilsitz gedrückt.

[0004] Auch aus der DE 10 2005 037 951 A1 ist bereits ein Kraftstoffeinspritzventil mit den typischen Ventilauteilen eines mittels eines Elektromagneten betriebenen Ventils bekannt. Bei der Herstellung dieses Ventils wird das Ventilgehäuse gezielt durch thermische Einflüsse lokal in seiner Gefügestruktur und damit in seinen Materialeigenschaften verändert. Als Ausgangsmaterial kann für den das Ventilgehäuse bildenden Grundkörper u.a. ein Duplex-Material in Frage kommen.

[0005] Aus den Druckschriften JP 59-211759 A, US 5,534,081 A und US 2010/0025500 A1 sind u.a. weitere Kraftstoffeinspritzventile, insbesondere Dieseldüsen bereits bekannt, bei denen eine Ventilnadel mit einem Ventilsitz zum Öffnen und Schließen des Ventils zusammenwirkt. Die Ventilnadeln sind dabei jeweils aus einem rostfreiem Stahl mit martensitischem Gefüge hergestellt. Zudem können ausgewählte Oberflächenbereiche der Ventilnadeln mittels Nitrieren/Aufsticken behandelt werden, um insbesondere an der Ventilnadelspitze eine gewünschte Oberflächenhärte einzustellen.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Das erfindungsgemäße elektromagnetisch be-

tätigbare Kraftstoffeinspritzventil mit den Merkmalen des Anspruchs 1 weist demgegenüber den Vorteil auf, dass die Ventilnadel nur eine sehr geringe Sättigungsinduktion aufweist. Weiterhin weist die erfindungsgemäße Ventilnadel eine hohe Verschleißfestigkeit insbesondere bei Schlagverschleiß auf. Dies ist besonders für die Lebensdauer und Einspritzgenauigkeit des Kraftstoffeinspritzventils wichtig, da die Ventilnadel bei maximaler Öffnung gegen einen Anschlag stoßen kann und somit einer hohen Schlagbelastung ausgesetzt ist. Weiterhin kann die erfindungsgemäße Ventilnadel kostengünstig bereitgestellt werden und insbesondere ist eine Schweißbarkeit der Ventilnadel sichergestellt. Dadurch können sehr kostengünstige Herstellungsverfahren verwendet werden. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass die Ventilnadel zumindest teilweise aus einem Duplexstahl hergestellt ist. Der Duplexstahl umfasst dabei ein erstes ferritisches oder martensitisches Gefüge und ein zweites, austenitisches Gefüge. Hierdurch wird eine geringe Wärmedehnung und/oder eine hohe Festigkeit, insbesondere eine hohe Oberflächenhärte und eine hohe Verschleißfestigkeit, erreicht. Ein weiterer Vorteil der teilweise aus Duplexstahl hergestellten Ventilnadel ist ihre Korrosionsbeständigkeit gegenüber Kraftstoff, da der Kraftstoff direkt mit der Ventilnadel in Kontakt steht. Die aus Duplexstahl hergestellte Ventilnadel weist ferner eine geringe Sättigungsinduktion im austenitisch dominierten Bereich (Magnetisierbarkeit) auf, wodurch magnetische Verlustströme über die Ventilnadel vermieden werden können.

[0007] Die Unteransprüche zeigen bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung.

[0008] Besonders bevorzugt ist die Ventilnadel vollständig aus Duplexstahl hergestellt. Hierdurch kann die Ventilnadel besonders einfach und kostengünstig hergestellt werden. Beispielsweise kann ein Nadelschaft mit einer Ventilkugel mittels einer Schweißverbindung verbunden werden. Auch kann Kraftstoff die komplette Ventilnadel benetzen.

[0009] Besonders bevorzugt ist das austenitische Gefüge inselartig im ersten ferritischen Gefüge angeordnet. Dadurch kann eine relativ gleichmäßige Verteilung des austenitischen Gefüges innerhalb einer ferritischen Matrix erhalten werden.

[0010] Weiter bevorzugt umfasst die Ventilnadel ferner einen ersten Ankeranschlag, welcher aus Duplexstahl hergestellt ist, und/oder einen zweiten Ankeranschlag, welcher ebenfalls aus Duplexstahl hergestellt ist. Der erste und zweite Ankeranschlag dienen dabei als Anschläge für einen Magnetanker, welcher vorzugsweise zwischen dem ersten und zweiten Ankeranschlag verschiebbar angeordnet ist. Die Ventilnadel umfasst ferner einen Führungsbereich für den Magnetanker, welcher zwischen dem ersten und zweiten Ankeranschlag angeordnet ist, wobei der Führungsbereich ebenfalls aus Duplexstahl hergestellt ist. Hierdurch weist der Führungsbereich einen hohen Verschleißwiderstand auf.

[0011] Weiter bevorzugt ist eine Sättigungsinduktion

der aus Duplexstahl hergestellten Ventilmadel zwischen 0 bis 1 Tesla, insbesondere zwischen 0 und 0,8 Tesla und besonders bevorzugt $\leq 0,5$ Tesla. Bei einer Sättigungsinduktion $< 0,5$ Tesla sind magnetische Verlustströme über die Ventilmadel so gering, dass keinerlei Nachteile hinsichtlich höheren Schaltgeschwindigkeiten und einer Dynamik des Kraftstoffeinspritzventils bzw. ein unerwünschtes Ankerkleben auftreten.

[0012] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist ein die Ventilmadel zumindest teilweise umgebendes Bauteil, z.B. ein Ventilgehäuse und/oder eine Ventilhülse, des Kraftstoffeinspritzventils ebenfalls aus Duplexstahl oder martensitischen oder ferritischen Stahl hergestellt. Vorzugsweise wird hierbei der gleiche Duplexstahl wie zur Herstellung der Ventilmadel verwendet. Hierdurch können insbesondere wärmebedingte Längenänderungen der Ventilmadel durch eine entsprechende Längenänderung des umgebenden Bauteils kompensiert werden, so dass eine hohe Betriebssicherheit und auch Genauigkeit hinsichtlich Einspritzzeiten und Einspritzmengen erhalten wird.

[0013] Der Duplexstahl für die Ventilmadel ist vorzugsweise ein 1.4362 (X2CrNiN23-4)-Stahl. Besonders bevorzugt ist ein Volumenanteil des ersten ferritischen Gefüges gleich einem Volumenanteil des zweiten austenitischen Gefüges. Weiter bevorzugt umfasst der erfindungsgemäße Duplexstahl einen oder mehrere Legierungsbestandteile, wie z.B. Cr, Ni, N, Mn.

[0014] Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Ventilmadel eines Kraftstoffeinspritzventils, wobei erfindungsgemäß in einem ersten Schritt eine Ventilmadel zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, aus einem Duplexstahl hergestellt wird und in einem zweiten Schritt eine Oberflächenhärte der Ventilmadel erhöht wird und/oder die lokalen Gefügeeigenschaften entsprechend der funktionalen Anforderungen hinsichtlich Verschleiß und/oder Magnetisierbarkeit angepasst werden. Die Erhöhung der Oberflächenhärte oder die gezielte Gefügemodifikation wird besonders bevorzugt mittels einer Wärmebehandlung (Niedertemperatur-Aufsticken/-Aufkohlen oder Hochtemperatur-Aufsticken/-Aufkohlen) durchgeführt. Der Schritt der Wärmebehandlung erhöht dabei eine Verschleißfestigkeit der Ventilmadel bei gleichbleibender Korrosionsbeständigkeit. Insbesondere werden dabei die hervorragenden korrosionsbeständigen Eigenschaften des Duplexstahls nicht beeinträchtigt. Bei der Wärmebehandlung wird eine Härtung durch ein Diffusionsverfahren erreicht. Dabei diffundieren Kohlenstoff- und/oder Stickstoffatome in die bestehenden Zwischengitter ein, was bei großen Mengen von eindiffundiertem Kohlenstoff zu Druckspannungen an der Oberfläche führt, wodurch eine sehr hohe Oberflächenhärte erreicht wird. Weiterhin kann durch das gezielte Einbringen von Kohlenstoff- und/oder Stickstoffatomen die Gefügezusammensetzung in Richtung ferritisches/martensitisches oder austenitisches Gefüge gesteuert werden. So lassen sich gezielt lokale magnetische Eigenschaften im Bauteil erzielen. Weiter bevor-

zugt erfolgt eine lokale Wärmebehandlung, insbesondere des Nadelschafts, der Ventilmadel, durch welche eine lokale Gefügeumwandlung erzeugt wird, die lokal eine geringere Magnetisierbarkeit des Bauteils erzeugt oder einen geringeren Wärmeausdehnungskoeffizient besitzt. Der Wärmeausdehnungskoeffizient kann damit so eingestellt werden, dass er dem der Ventilhülse entspricht und somit unterschiedliche Wärmedehnungen zwischen Ventilgehäuse und Ventilmadel reduziert werden. Der Wärmeausdehnungskoeffizient liegt dabei vorzugsweise bei ungefähr 10 bis $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

[0015] Weiter bevorzugt werden Führungsflächen an der Ventilmadel, insbesondere mittels Polieren oder dergleichen, nachbearbeitet.

Zeichnung

[0016] Nachfolgend wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitende Zeichnung im Detail beschrieben. In der Zeichnung ist:

Figur 1 eine schematische Schnittansicht eines Kraftstoffeinspritzventils gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung

[0017] Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf Figur 1 ein Kraftstoffeinspritzventil 1 gemäß einem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung im Detail beschrieben.

[0018] Wie aus Figur 1 ersichtlich ist, umfasst das Kraftstoffeinspritzventil 1 eine Ventilmadel 2 und einen Magnetanker 3 sowie einen Innenpol 4. Ferner ist eine Spule 5 vorgesehen, welche bei Bestromung den Magnetanker 3 in Richtung des Innenpols 4 anzieht.

[0019] Ein Rückstellelement 6 ist mit der Ventilmadel 2 verbunden, um die Ventilmadel 2 in die Ausgangsposition zurückzustellen. Figur 1 zeigt dabei die Ausgangsposition des Kraftstoffeinspritzventils 1, welche in diesem Ausführungsbeispiel die geschlossene Position des Kraftstoffeinspritzventils 1 ist. Hierbei liegt die Ventilmadel 2 auf einem Ventilsitz 9 auf, wodurch eine Verbindung zu Einspritzöffnungen 8 unterbrochen ist.

[0020] Die Ventilmadel 2 umfasst einen länglichen Nadelschaft 20 und eine Ventilkugel 23. Die Ventilkugel 23 ist mittels einer Schweißverbindung 25 an den Nadelschaft 20 angeschweißt. Da die Ventilmadel 2 vollständig aus einem Duplexstahl hergestellt ist, kann die Ventilkugel 23 an den Nadelschaft 20 angeschweißt werden. Die Ventilmadel 2 umfasst ferner einen ersten Ankeranschlag 21 und einen zweiten Ankeranschlag 22. Der Magnetanker 3 ist dabei zwischen dem ersten und zweiten Ankeranschlag 21, 22 angeordnet. Hierbei ist an der Ventilmadel 2 ein Führungsbereich 24 für den Magnetanker 3 vorgesehen. Der Führungsbereich 24 für den Magnetanker weist dabei eine Vickershärte von $\geq 600 \text{ HV}_{10}$

auf.

[0021] Da alle Bauteile der Ventilnadel 2 aus Duplexstahl hergestellt sind, weist die Ventilnadel 2 nur eine sehr geringe magnetische Sättigungsinduktion auf. Hierdurch werden insbesondere magnetische Verlustströme über die Ventilnadel 2 vermieden. Die Verwendung eines Duplexstahls stellt dabei eine hohe Korrosionsbeständigkeit insbesondere auch gegenüber Kraftstoff bereit.

[0022] Ferner umfasst das Kraftstoffeinspritzventil 1 ein Ventilgehäuse 10. Das Ventilgehäuse 10 ist vorzugsweise ebenfalls aus Duplexstahl hergestellt, besonders bevorzugt aus dem gleichen Duplexstahl wie die Ventilnadel 2.

[0023] Hierdurch wird ein gleicher Wärmeausdehnungskoeffizient für die Ventilnadel 2 und das Ventilgehäuse 10 erhalten.

[0024] Da sämtliche Bauteile der Ventilnadel 2 aus Duplexstahl hergestellt sind, können beispielsweise auch der erste und/oder zweite Ankeranschlag 21, 22 mittels eines Umformverfahrens, beispielsweise eines Stauchverfahrens, hergestellt werden. Weiterhin besitzt die Ventilnadel 2 eine relativ hohe Festigkeit bei guter Duktilität. Ferner kann durch eine gezielte Wärmebehandlung von Teilbereichen der Ventilnadel 2 eine jeweils unterschiedliche Gefügezusammensetzung bzw. eine Gefügeverteilung erreicht werden, wodurch bestimmte Bauteileigenschaften, insbesondere verbesserte Härten oder lokal unterschiedliche Magnetisierbarkeiten oder lokal unterschiedliche Wärmedehnungskoeffizienten, eingestellt werden können.

[0025] Hierbei ist zwischen dem ersten und zweiten Ankeranschlag 21, 22 der Führungsbereich 24 für den Magnetanker 3 bereitgestellt, wobei der Führungsbereich 24 ebenfalls aus Duplexstahl hergestellt ist und einer Wärmebehandlung unterzogen wurde. Hierdurch kann das ferritische/austenitische Gefüge derart eingestellt werden, dass ein Wärmeausdehnungskoeffizient im Bereich von $10 \text{ bis } 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ erhalten wird, wobei die Härte des Duplexstahls beibehalten wird.

Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzventil, umfassend

- eine Ventilnadel (2),
- einen Magnetaktor mit einem Magnetanker (3) und einem Innenpol (4), und
- ein Rückstellelement (6),

dadurch gekennzeichnet,

dass die Ventilnadel (2) zumindest teilweise aus einem Duplexstahl hergestellt ist, wobei der Duplexstahl ein erstes ferritisches oder martensitisches Gefüge und ein zweites austenitisches Gefüge aufweist.

2. Ventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**

dass die Ventilnadel (2) vollständig aus Duplexstahl hergestellt ist.

3. Ventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite, austenitische Gefüge inselartig im ersten, ferritischen oder martensitischen Gefüge des Duplexstahls angeordnet ist.

4. Ventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventilnadel (2) ferner einen ersten Ankeranschlag (21) aus Duplexstahl und/oder einen zweiten Ankeranschlag (22) aus Duplexstahl aufweist.

5. Ventil nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Magnetanker (3) zwischen dem ersten und zweiten Ankeranschlag (21, 22) angeordnet ist und die Ventilnadel (2) einen Führungsbereich (24) für den Magnetanker (3) aus Duplexstahl zwischen dem ersten und zweiten Ankeranschlag aufweist.

6. Ventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein die Ventilnadel (2) zumindest teilweise umgebendes Bauteil, insbesondere ein Ventilgehäuse (10), aus Duplexstahl hergestellt ist, insbesondere aus dem gleichen Duplexstahl wie die Ventilnadel (2).

7. Verfahren zur Herstellung einer Ventilnadel (2) eines Kraftstoffeinspritzventils (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, umfassend die Schritte:

- Herstellen der Ventilnadel (2), wobei zumindest Teilbereiche der Ventilnadel aus Duplexstahl hergestellt sind, und
- Erhöhen einer Oberflächenhärte der aus Duplexstahl hergestellten Teilbereiche der Ventilnadel, insbesondere mittels Kolsterisierens.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **gekennzeichnet durch** den Schritt des lokalen Erwärms von aus Duplexstahl hergestellten Teilbereichen, insbesondere eines Nadelschafts der Ventilnadel, zur Einstellung eines ferritischen/austenitischen Gefüges derart, dass ein vorbestimmter Wärmeausdehnungskoeffizient, insbesondere in einem Bereich von $10 \text{ bis } 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, erhalten wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der Ventilnadel (2) Führungsflächen (24), insbesondere mittels Polieren oder dergleichen, hergestellt werden.

Claims

1. Fuel injection valve, comprising

- a valve needle (2),
- a magnet actuator with a magnet armature (3) and an inner pole (4), and
- a restoring element (6),

characterized in that the valve needle (2) is produced at least partially from a duplex steel, wherein the duplex steel has a first, ferritic or martensitic microstructure and a second, austenitic microstructure.

2. Valve according to Claim 1, **characterized in that** the valve needle (2) is produced entirely from duplex steel.
3. Valve according to one of the preceding claims, **characterized in that** the second, austenitic microstructure is arranged in insular fashion in the first, ferritic or martensitic microstructure of the duplex steel.
4. Valve according to one of the preceding claims, **characterized in that** the valve needle (2) furthermore has a first armature stop (21) composed of duplex steel and/or a second armature stop (22) composed of duplex steel.
5. Valve according to Claim 4, **characterized in that** the magnet armature (3) is arranged between the first and second armature stop (21, 22) and the valve needle (2) has a guide region (24) for the magnet armature (3) composed of duplex steel between the first and second armature stops.
6. Valve according to one of the preceding claims, **characterized in that** a component, in particular a valve housing (10), which at least partially surrounds the valve needle (2) is produced from duplex steel, in particular from the same duplex steel as the valve needle (2).
7. Method for producing a valve needle (2) of a fuel injection valve (1) according to one of Claims 1 to 6, comprising the steps:
 - producing the valve needle (2), wherein at least partial regions of the valve needle are produced from duplex steel, and
 - increasing a surface hardness of those partial regions of the valve needle which are produced from duplex steel, in particular by means of Kolsterizing.
8. Method according to Claim 7, **characterized by** the step of locally heating partial regions produced from duplex steel, in particular of a needle shank of the valve needle, in order to set a ferritic/austenitic microstructure such that a predetermined coefficient

of thermal expansion, in particular in a range from 10 to $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, is obtained.

9. Method according to Claim 7 or 8, **characterized in that** guide surfaces (24) are produced on the valve needle (2), in particular by means of polishing or the like.

10 Revendications

1. Soupape d'injection de carburant, comprenant :

- une aiguille de soupape (2),
- un actionneur magnétique comprenant un induit magnétique (3) et un pôle intérieur (4), et
- un élément de rappel (6),

caractérisée en ce que

l'aiguille de soupape (2) est fabriquée au moins en partie à partir d'un acier duplex, l'acier duplex présentant une première structure ferritique ou martensitique et une deuxième structure austénitique.

2. Soupape selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'aiguille de soupape (2) est fabriquée complètement en acier duplex.
3. Soupape selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la deuxième structure austénitique est disposée sous forme d'îlot dans la première structure ferritique ou martensitique de l'acier duplex.
4. Soupape selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'aiguille de soupape (2) présente en outre une première butée d'induit (21) en acier duplex et/ou une deuxième butée d'induit (22) en acier duplex.
5. Soupape selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** l'induit magnétique (3) est disposé entre la première et la deuxième butée d'induit (21, 22) et l'aiguille de soupape (2) présente une région de guidage (24) pour l'induit magnétique (3) constituée d'acier duplex entre la première et la deuxième butée d'induit.
6. Soupape selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'un** composant entourant au moins en partie l'aiguille de soupape (2), en particulier un boîtier de soupape (10), est fabriqué en acier duplex, en particulier est constitué du même acier duplex que celui de l'aiguille de soupape (2).
7. Procédé de fabrication d'une aiguille de soupape (2)

d'une soupape d'injection de carburant (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comprenant les étapes suivantes :

- fabrication de l'aiguille de soupape (2), au moins des régions partielles de l'aiguille de soupape étant fabriquées en acier duplex, et
 - augmentation d'une dureté de surface des régions partielles de l'aiguille de soupape fabriquées en acier duplex, en particulier par Kolsterising (durcissement superficiel).
- 5
- 10
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé par** l'étape consistant à chauffer localement des régions partielles fabriquées en acier duplex, en particulier une tige d'aiguille de l'aiguille de soupape, pour ajuster une structure ferritique /austénitique de telle sorte qu'un coefficient de dilatation thermique prédéterminé soit obtenu, en particulier dans une plage de 10 à $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.
- 15
- 20
9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce que** des surfaces de guidage (24) sont, fabriquées sur l'aiguille de soupape (2), en particulier par polissage ou similaire.
- 25

30

35

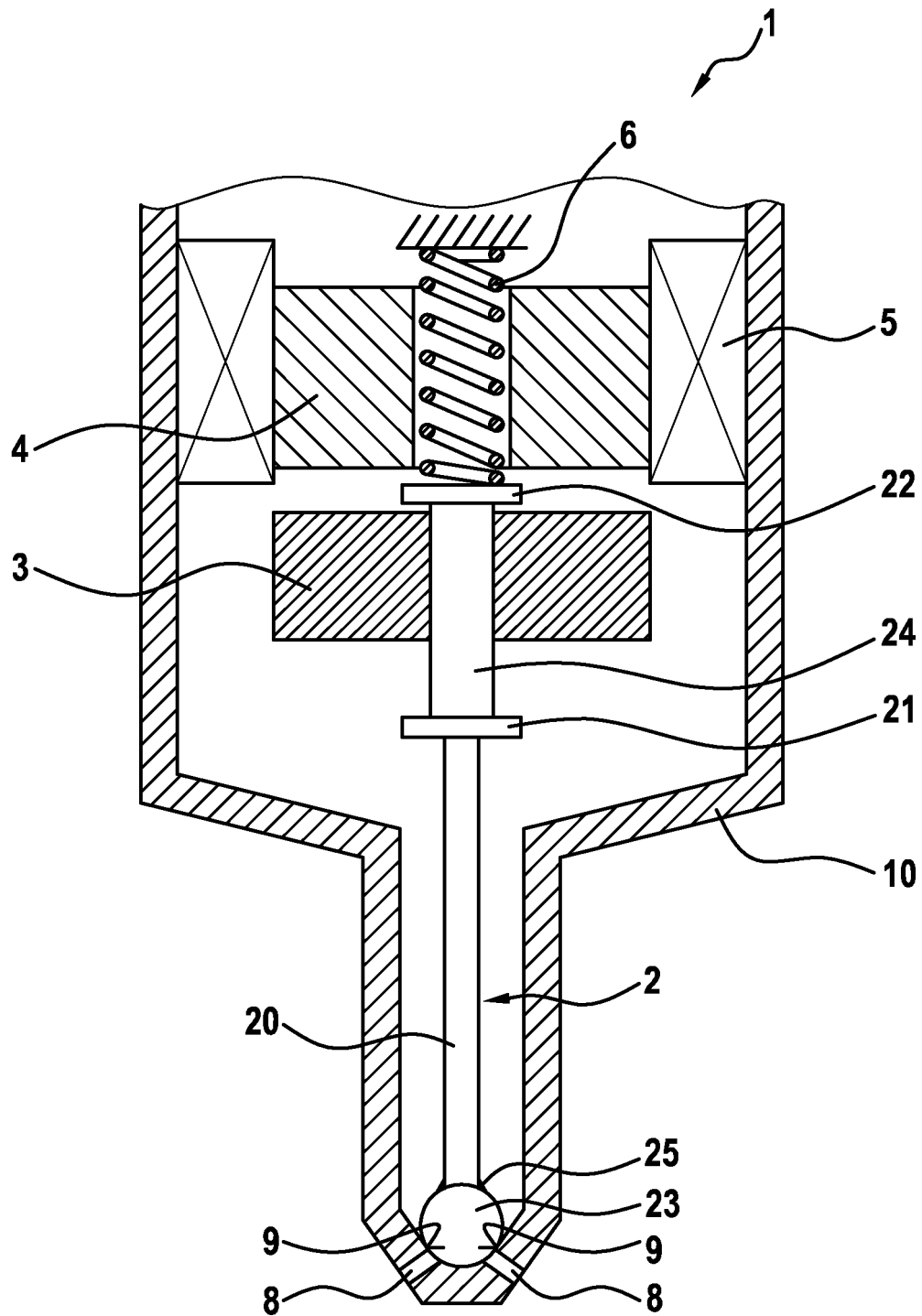
40

45

50

55

Fig. 1



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 20090289131 A1 [0003]
- DE 102005037951 A1 [0004]
- JP 59211759 A [0005]
- US 5534081 A [0005]
- US 20100025500 A1 [0005]