

(19)



(11)

EP 2 811 150 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
10.12.2014 Patentblatt 2014/50

(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**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

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

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

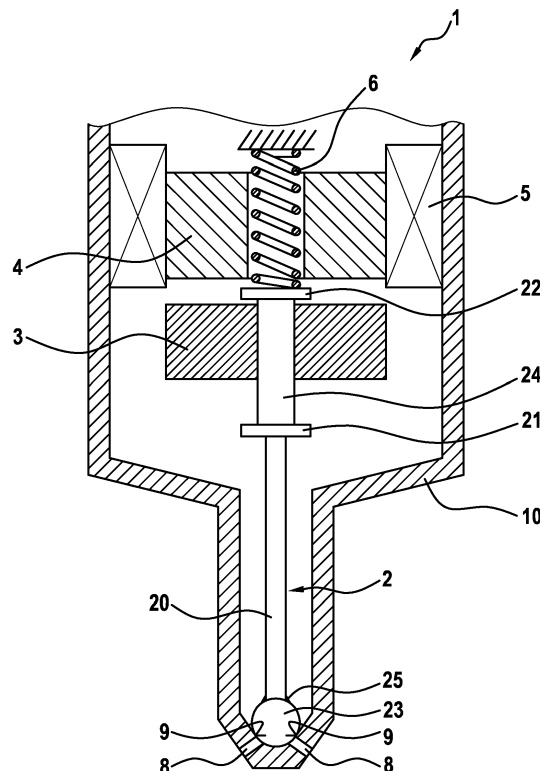
(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(54) **Kraftstoffeinspritzventil**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kraftstoffeinspritzventil, umfassend eine Ventildadel (2), einen Magnetaktor mit einem Magnetanker (3) und einem Innenpol (4), und ein Rückstellelement (6), wobei die Ven-

tilnadell (2) zumindest teilweise aus einem Duplexstahl hergestellt ist und wobei der Duplexstahl ein erstes ferritisches Gefüge und ein zweites austenitisches Gefüge aufweist.

Fig. 1



EP 2 811 150 A1

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektromagnetisch betätigbares Kraftstoffeinspritzventil mit einer Ventalnadel, 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 Ventalnadel an einem Magnetanker angeordnet, wobei für einen Einspritzvorgang die Ventalnadel 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 Ventalnadel 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 Ventalnadel zu einem Innenpol auftreten. Hierdurch können jedoch Schaltzeiten negativ beeinflusst werden und insbesondere ein magnetisches Kleben der Ventalnadel am Innenpol verstärkt werden.

Offenbarung der Erfindung

[0003] Das erfindungsgemäße elektromagnetisch betätigbare Kraftstoffeinspritzventil mit den Merkmalen des Anspruchs 1 weist demgegenüber den Vorteil auf, dass die Ventalnadel nur eine sehr geringe Sättigungsinduktion aufweist. Weiterhin weist die erfindungsgemäße Ventalnadel eine hohe Verschleißfestigkeit insbesondere bei Schlagverschleiß auf. Dies ist besonders für die Lebensdauer und Einspritzgenauigkeit des Kraftstoffeinspritzventils wichtig, da die Ventalnadel bei maximaler Öffnung gegen einen Anschlag stoßen kann und somit einer hohen Schlagbelastung ausgesetzt ist. Weiterhin kann die erfindungsgemäße Ventalnadel kostengünstig bereitgestellt werden und insbesondere ist eine Schweißbarkeit der Ventalnadel sichergestellt. Dadurch können sehr kostengünstige Herstellungsverfahren verwendet werden. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass die Ventalnadel 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 Ventalnadel ist ihre Korrosionsbeständigkeit gegenüber Kraftstoff, da der Kraftstoff direkt mit der Ventalnadel in Kontakt steht. Die aus Duplexstahl hergestellte Ventalnadel weist ferner eine ge-

ringe Sättigungsinduktion im austenitisch dominierten Bereich (Magnetisierbarkeit) auf, wodurch magnetische Verlustströme über die Ventalnadel vermieden werden können.

[0004] Die Unteransprüche zeigen bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung.

[0005] Besonders bevorzugt ist die Ventalnadel vollständig aus Duplexstahl hergestellt. Hierdurch kann die Ventalnadel besonders einfach und kostengünstig hergestellt werden. Beispielsweise kann ein Nadelschaft mit einer Ventilkugel mittels einer Schweißverbindung verbunden werden. Auch kann Kraftstoff die komplette Ventalnadel benetzen.

[0006] 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.

[0007] Weiter bevorzugt umfasst die Ventalnadel 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 Ventalnadel 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.

[0008] Weiter bevorzugt ist eine Sättigungsinduktion der aus Duplexstahl hergestellten Ventalnadel 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 Ventalnadel so gering, dass keinerlei Nachteile hinsichtlich höheren Schaltgeschwindigkeiten und einer Dynamik des Kraftstoffeinspritzventils bzw. ein unerwünschtes Ankerkleben auftreten.

[0009] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist ein die Ventalnadel 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 Ventalnadel verwendet. Hierdurch können insbesondere wärmebedingte Längenänderungen der Ventalnadel durch eine entsprechende Längenänderung des umgebenden Bauteils kompensiert werden, so dass eine hohe Betriebssicherheit und auch Genauigkeit hinsichtlich Einspritzzeiten und Einspritzmengen erhalten wird.

[0010] Der Duplexstahl für die Ventalnadel 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 erfin-

dungsgemäße Duplexstahl einen oder mehrere Legierungsbestandteile, wie z.B. Cr, Ni, N, Mn.

[0011] Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Ventalnadel eines Kraftstoffeinspritzventils, wobei erfindungsgemäß in einem ersten Schritt eine Ventalnadel zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, aus einem Duplexstahl hergestellt wird und in einem zweiten Schritt eine Oberflächenhärte der Ventalnadel 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 Ventalnadel 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 bevorzugt erfolgt eine lokale Wärmebehandlung, insbesondere des Nadelschafts, der Ventalnadel, durch welche eine lokale Gefügemwandlung 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 Ventalnadel reduziert werden. Der Wärmeausdehnungskoeffizient liegt dabei vorzugsweise bei ungefähr 10 bis $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

[0012] Weiter bevorzugt werden Führungsflächen an der Ventalnadel, insbesondere mittels Polieren oder dergleichen, nachbearbeitet.

Zeichnung

[0013] 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.

[0014] Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf Figur 1 ein Kraftstoffeinspritzventil 1 gemäß einem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung im Detail beschrieben.

[0015] Wie aus Figur 1 ersichtlich ist, umfasst das Kraftstoffeinspritzventil 1 eine Ventalnadel 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.

[0016] Ein Rückstellelement 6 ist mit der Ventalnadel 2 verbunden, um die Ventalnadel 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 Ventalnadel 2 auf einem Ventilsitz 9 auf, wodurch eine Verbindung zu Einspritzöffnungen 8 unterbrochen ist.

[0017] Die Ventalnadel 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 Ventalnadel 20 vollständig aus einem Duplexstahl hergestellt ist, kann die Ventilkugel 23 an den Nadelschaft 20 angeschweißt werden. Die Ventalnadel 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 Ventalnadel 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.

[0018] Da alle Bauteile der Ventalnadel 2 aus Duplexstahl hergestellt sind, weist die Ventalnadel 2 nur eine sehr geringe magnetische Sättigungsinduktion auf. Hierdurch werden insbesondere magnetische Verlustströme über die Ventalnadel 2 vermieden. Die Verwendung eines Duplexstahls stellt dabei eine hohe Korrosionsbeständigkeit insbesondere auch gegenüber Kraftstoff bereit.

[0019] 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 Ventalnadel 2. Hierdurch wird ein gleicher Wärmeausdehnungskoeffizient für die Ventalnadel 2 und das Ventilgehäuse 10 erhalten.

[0020] Da sämtliche Bauteile der Ventalnadel 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 Ventalnadel 2 eine relativ hohe Festigkeit bei guter Duktilität. Ferner kann durch eine gezielte Wärmebehandlung von Teilbereichen der Ventalnadel 2 eine jeweils unterschiedliche Gefügezusammensetzung bzw. eine Gefügeverteilung erreicht werden, wodurch bestimmte Bauteileigenschaften, insbesondere verbesserte Härten oder lokal unterschiedliche Magnetisierbarkeiten oder lo-

kal unterschiedliche Wärmedehnungskoeffizienten, eingestellt werden können.

[0021] 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 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),
- wobei die Ventilnadel (2) zumindest teilweise aus einem Duplexstahl hergestellt ist und
- 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** die Ventilnadel (2) eine Sättigungsinduktion zwischen 0 bis 1 Tesla aufweist, insbesondere zwischen 0 bis $0,8$ Tesla und weiter insbesondere $\leq 0,5$ Tesla aufweist.

7. 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).

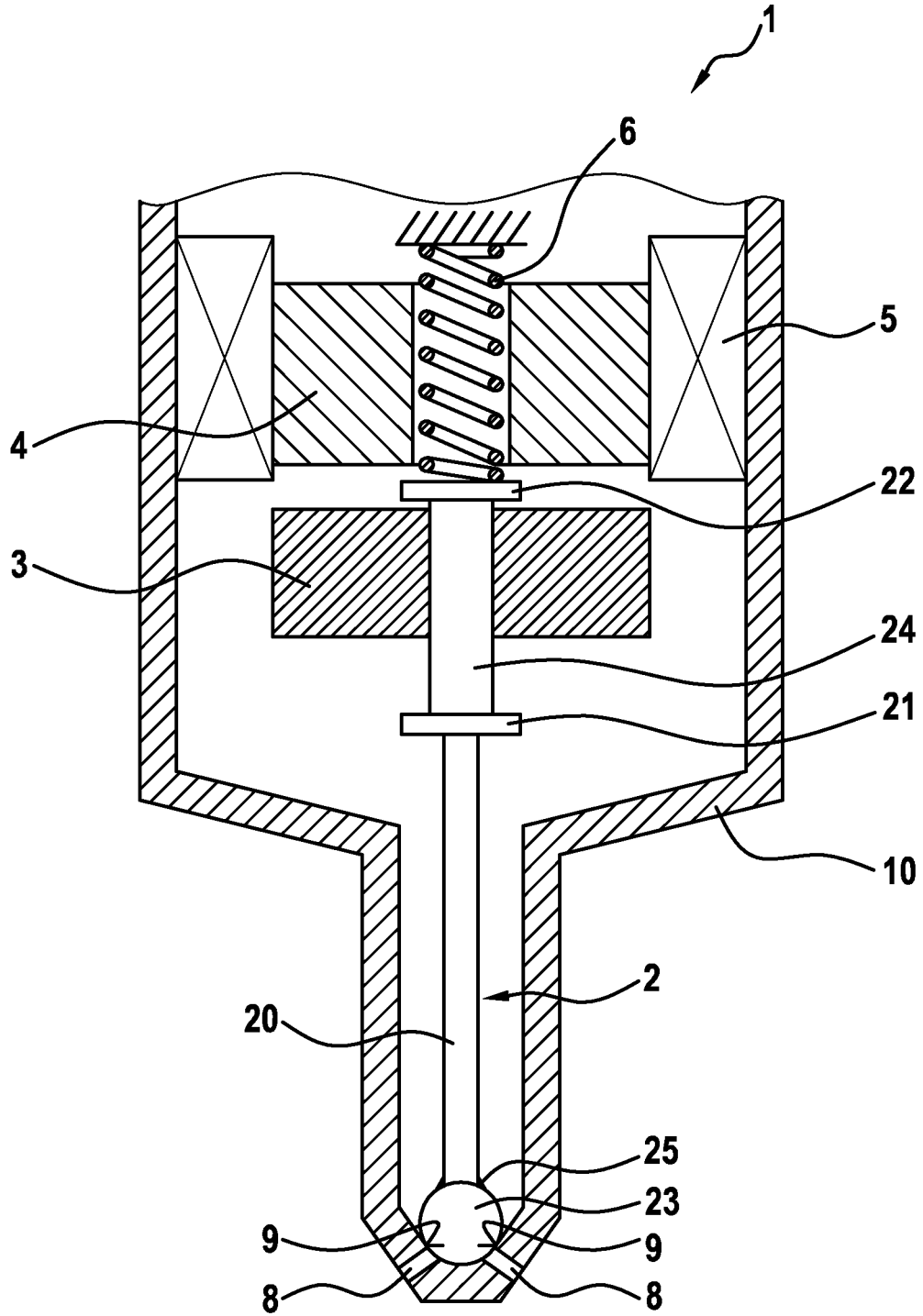
8. Verfahren zur Herstellung einer Ventilnadel (2) eines Kraftstoffeinspritzventils (1), umfassend die Schritte:

- 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.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **gekennzeichnet durch** den Schritt des lokalen Erwärmens 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 bis $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, erhalten wird.

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

Fig. 1





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 14 16 5390

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	US 2009/289131 A1 (SHINGU AKIO [JP] ET AL) 26. November 2009 (2009-11-26) * Abbildungen *	1-10	INV. F02M51/06 F02M61/16
Y	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] * das ganze Dokument *	1-10	ADD. F02M61/18
Y	DE 10 2005 037951 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 15. Februar 2007 (2007-02-15) * Absätze [0006], [0019]; Abbildung 2 *	1-8	
Y	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] * das ganze Dokument *	8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F02M
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlussdatum der Recherche 1. Oktober 2014	Prüfer Landriscina, V
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 14 16 5390

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

01-10-2014

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2009289131 A1	26-11-2009	DE 102008057974 A1	03-12-2009
		JP 4637931 B2	23-02-2011
		JP 2009281293 A	03-12-2009
		US 2009289131 A1	26-11-2009

DE 102005037951 A1	15-02-2007	KEINE	

15

20

25

30

35

40

45

50

EPO FORM P0481

55

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82