



(10) **DE 10 2015 205 430 A1** 2016.09.29

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 205 430.6**

(22) Anmeldetag: **25.03.2015**

(43) Offenlegungstag: **29.09.2016**

(51) Int Cl.: **F16K 31/06 (2006.01)**
F02M 59/46 (2006.01)

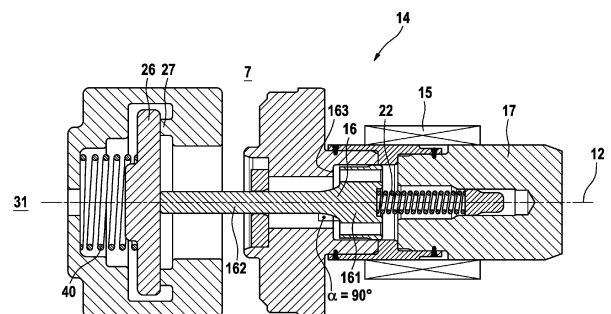
(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
**Haller, Juergen, 74343 Sachsenheim, DE; Bonn,
Ruthard, 74523 Schwäbisch Hall, DE; Roth, Heiko,
Bursa, TR; Bueser, Wolfgang, 71726 Benningen,
DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Elektromagnetisch betätigtes Mengensteuerventil, insbesondere zur Steuerung der Fördermenge einer Kraftstoff-Hochdruckpumpe**

(57) Zusammenfassung: Elektromagnetisch betätigbares Mengensteuerventil (14), insbesondere zur Steuerung der Fördermenge einer Hochdruckpumpe (3), mit einem Elektromagneten (15), mit einem in einer axialen Richtung bewegbaren Ventilelement (26) zum Öffnen und Schließen des Mengensteuerventils (14) und ferner mit einer Ankerwelle (16) zur Übertragung einer von dem Elektromagneten (15) erzeugten, in axialer Richtung auf das Ventilelement (26) wirkenden Kraft, wobei die Ankerwelle (16) einen dem Ventilelement (26) zugewandten Nadelbereich (162) aufweist und einen von dem Ventilelement (26) abgewandten Ankerbereich (161) aufweist, wobei der Nadelbereich (162) und der Ankerbereich (161) gemeinsam einstückig ausgebildet sind, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Mittel (167, 168) zur Erhöhung mindestens einer Festigkeit der Ankerwelle (16) vorgesehen ist.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein elektromagnetisch betätigbares Mengensteuerventil, wie es beispielsweise aus der EP 2 453 122 A1 bereits grundsätzlich bekannt ist.

Offenbarung der Erfindung

[0002] Die Erfindung basiert auf der Erkenntnis, dass an einstückig ausgebildeten Ankerwellen, die in Mengensteuerventilen verwendet werden, gleichzeitig hohe magnetische Anforderungen und hohe Festigkeitsanforderungen gestellt werden, wobei die Ankerwellen überdies den Randbedingungen einer limitierten Bauteilgröße und Bauteilmasse unterworfen sind.

[0003] Durch konventionelle Maßnahmen, wie etwa die Auswahl des Werkstoffes der Ankerwelle können diese Anforderungen und Randbedingungen nur zum Teil gleichzeitig zufriedenstellend erfüllt werden, da Werkstoffe mit guten magnetischen Eigenschaften in der Regel nur eine mäßige Festigkeit aufweisen und umgekehrt.

[0004] Es sind daher erfindungsgemäß Mittel zur Erhöhung der Festigkeit der Ankerwelle vorgesehen.

[0005] Der Begriff der „Festigkeit“ ist vorliegend grundsätzlich weit auszulegen. Beispielsweise kann es sich um eine Kenngröße handeln, die das Widerstandsverhalten der Ankerwelle gegen elastische und/oder plastische Verformung charakterisiert, also beispielsweise Zugfestigkeit, Druckfestigkeit, Kompressionsfestigkeit, Biegefestigkeit, Torsionsfestigkeit, Scherfestigkeit und/oder Schwingfestigkeit. Ferner kann es sich bei der Festigkeit um eine Beständigkeit gegen Verschleiß, insbesondere um eine Härte und/oder um eine Oberflächenhärte, handeln. Der Begriff der Festigkeit kann auch auf die Zeitdauer gerichtet sein, die die Ankerwelle eine bestimmte Belastung ohne Versagen, beispielsweise ohne Bruch, zu ertragen vermag.

[0006] Der Begriff „Mittel“ ist vorliegend grundsätzlich weit auszulegen. Beispielsweise kann es sich um eine Formgebung oder um eine Materialwahl oder um eine lokale Materialmodifikation, insbesondere im Bereich von Teilen der Oberfläche oder der gesamten Oberfläche der Ankerwelle handeln.

[0007] Der Begriff „Erhöhung“ meint eine Zunahme, beispielsweise eine Vergrößerung einer Kenngröße. Dies kann insbesondere dahingehend aufgefasst werden, dass ohne festen Ausgangspunkt das Mittel zumindest grundsätzlich geeignet ist, eine Festigkeit der Ankerwelle zu erhöhen. Als Ausgangs-

punkt der Erhöhung der Festigkeit kann andererseits auch von der Festigkeit der Ankerwelle des aus dem eingangs genannten Stand der Technik bekannten Mengensteuerventils ausgegangen werden.

[0008] Erfindungsgemäß weist das Mengensteuerventil ein in axialer Richtung bewegbares Ventilelement zum Öffnen und Schließen des Mengensteuerventils auf. Es kann sich dabei bevorzugt um ein plattenförmiges oder zumindest im Wesentlichen plattenförmiges Ventilelement handeln, das an einem, beispielsweise ringförmigen, Dichtsitz zur Anlage kommen und so das Mengensteuerventil verschließen kann.

[0009] Erfindungsgemäß weist die Ankerwelle einen Ankerbereich und einen Nadelbereich auf. Insbesondere ist die Ankerwelle aus dem Nadelbereich und dem Ankerbereich zusammengesetzt, wobei der Nadelbereich und der Ankerbereich insbesondere in axialer Richtung hintereinander angeordnet sind, vorzugsweise koaxial oder zumindest im Wesentlichen koaxial zueinander. Insbesondere können der Nadelbereich und der Ankerbereich zylindrische oder zumindest im Wesentlichen zylindrische Abschnitte der Ankerwelle sein, die insbesondere aneinander einstückig angeformt sind.

[0010] Bevorzugt ist ein Durchmesser des Nadelbereichs geringer als ein Durchmesser des Ankerbereichs, beispielsweise höchstens halb so groß. Bevorzugt ist die Länge des Nadelbereichs größer als die Länge des Ankerbereichs, beispielsweise mindestens doppelt so groß.

[0011] Erfindungsgemäß sind die Ankerwelle, bzw. der Nadelbereich und der Ankerbereich der Ankerwelle gemeinsam, einstückig ausgebildet. Unter „einstückig ausgebildet“ wird vorliegend insbesondere verstanden, dass ein integrales, durchgängiges Werkstück vorliegt, das insbesondere nicht durch Fügen oder Verbinden, sondern insbesondere aus einem Stück geschaffen ist, beispielsweise als Drehteil oder durch metallischen Spritzguss und anschließendes Sintern. An der Ankerwelle sind ferner insbesondere keine weiteren Bauteile fixiert, sodass die Ankerwelle insbesondere einen aus dem Stand der Technik, beispielsweise aus der DE 10 2010 062 451 A1 ebenfalls bekannten, durch Pressen hergestellten Verbund aus Anker und Nadel funktionell vollständig ersetzt.

[0012] In einer ersten Konkretisierung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Nadelbereich gegenüber dem Ankerbereich einen geringeren Durchmesser aufweist und dass das Mittel eine Verrundung der am Übergang zwischen dem Nadelbereich und dem Ankerbereich befindlichen Kante ist.

[0013] Bei der Kante handelt es sich bevorzugt um eine am Übergang zwischen dem Nadelbereich und dem Ankerbereich befindliche Innenkante. Es kann sich beispielsweise um eine 90°-Kante handeln.

[0014] Der Begriff „Verrundung“ ist grundsätzlich insofern weit auszulegen, dass die betreffende Kante keine scharfkantige Kante ist. Bezüglich des Begriffs „Scharfkantigkeit“ wird auf die Norm DIN ISO 13715:2000 verwiesen. Insbesondere wird eine Kante als scharfkantig aufgefasst, wenn sie lediglich Abweichungen von einer ideal scharfen Kante aufweist, die 50 µm oder weniger betragen. Alle anderen Kanten gelten insofern als verrundet, unabhängig davon, ob die tatsächliche Kontur in einem mathematischen Sinn exakt rund ist oder ob sie ausgehend von einer scharfkantigen Kontur einer runden Kontur nur angenähert ist. Insbesondere kann auch eine Fase eine Verrundung darstellen.

[0015] Die Verrundung hat die technische Wirkung, dass Biegespannungen zwischen Nadelbereich und Ankerbereich vermindert werden bzw. besser übertragen werden können. Auf diese Weise können Brüche am Übergang zwischen dem Nadelbereich dem Ankerbereich wirkungsvoll vermieden werden.

[0016] Bei der Verrundung kann es sich beispielsweise um eine Verrundung mit einem konstanten Verrundungsradius handeln, so dass die Verrundung besonders einfach herzustellen ist. Der Verrundungsradius kann in diesem Fall beispielsweise 0,5 mm oder mehr betragen.

[0017] Andererseits wurde beobachtet, dass sich die Festigkeit der Ankerwelle, insbesondere ihre Fähigkeit, Biegespannungen zu ertragen, besonders gut verbessern lässt, wenn ein Verrundungsradius entlang der Verrundung nicht konstant ist. Bevorzugt ist vorgesehen, dass der Verrundungsradius in Richtung von dem Nadelbereich hin zu dem Ankerbereich abnimmt, wobei die Abnahme kontinuierlich oder in Schritten vorgesehen sein kann.

[0018] Bei einer Abnahme des Verrundungsradius in Schritten ist also insbesondere eine erste, dem Nadelbereich zugewandte Teilverrundung mit einem ersten Verrundungsradius vorgesehen und eine zweite, dem Ankerbereich zugewandte Teilverrundung mit einem zweiten Verrundungsradius vorgesehen, wobei der erste Verrundungsradius größer ist als der zweite Verrundungsradius, beispielsweise mindestens fünfmal oder sogar mindestens zehnmal so groß wie der zweite Verrundungsradius. Beispielsweise kann der erste Verrundungsradius größer als 1 mm oder sogar größer als 2 mm sein, während der zweite Verrundungsradius kleiner als 1 mm oder sogar kleiner als 0,6 mm sein kann.

[0019] Bei einer rechtwinkligen Kante kann jede der beiden Teilverrundungen einen Übergang um 45° darstellen oder jeweils einen Übergang um mindestens 22,5° darstellen.

[0020] Die Verrundung kann insbesondere aus den zwei Teilverrundungen bestehen, wenngleich grundsätzlich auch Verrundungen mit mehr als zwei Teilverrundungen möglich sind, deren Verrundungsradien voneinander zumindest teilweise verschieden sind, und insbesondere in Richtung von dem Nadelbereich hin zu dem Ankerbereich abnehmen.

[0021] Zusätzlich oder alternativ zur ersten Konkretisierung der Erfindung ist in einer zweiten Konkretisierung der Erfindung vorgesehen, dass das Mittel eine zumindest entlang von Teilen der Oberfläche der Ankerwelle vorgesehene Schicht ist, deren Härte größer ist als die Härte eines Grundmaterials der Ankerwelle.

[0022] Durch eine solche Schicht kann der Verschleiß der Ankerwelle wirkungsvoll vermindert werden. Überdies wurde in den Untersuchungen der Anmelderin durch die Schicht eine Erhöhung der Schwingfestigkeit, beispielsweise um 20% bis 30% des Ausgangswerts, gemessen.

[0023] Bei der Härte kann es sich beispielsweise um eine in der Einheit HV gemessene Kenngröße handeln, die beispielsweise mit einer Prüfkraft von beispielsweise 0,01 kp und einer Belastungszeit von 12 Sekunden gemessen werden kann. Es kann beispielsweise eine so genannte Nanointendation genutzt werden, bei der mit den oben genannten sehr kleinen Lasten Messpunkte in einem Rater mit Abständen von 1µm bis 10µm erfasst werden.

[0024] Durch so gemessene Härte kann auf Druckeigenstressungen der Oberfläche des Werkstücks geschlossen werden, die ihrerseits als Maß für die Schwingfestigkeit des Bauteils dienen können.

[0025] Die Schicht kann entlang der gesamten Oberfläche der Ankerwelle vorgesehen sein. Insbesondere ist vorgesehen, dass die Schicht zumindest an den Stellen der Oberfläche der Ankerwelle vorgesehen ist, die bei Betrieb des Mengensteuerventils mit anderen Komponenten des Mengensteuerventils, beispielsweise dem Ventilelement oder gehäusefesten Anschlägen, in Anlage kommen, beispielsweise an den Stellen der Oberfläche der Ankerwelle, die in den beiden axialen Aufsichten auf die Ankerwelle sichtbar sind.

[0026] Es ist insbesondere vorgesehen, dass die Härte der Schicht mindestens 900 HV, insbesondere mindestens 900 HV0,01, beträgt, oder sogar mindestens 1000 HV, insbesondere mindestens 1000 HV0,01, beträgt. Es ist insbesondere vorgesehen, dass die Härte des Grundmaterials der Ankerwelle deutlich

geringer ist, beispielsweise höchstens 400 HV, oder sogar nur höchstens 200 HV, was für ferritische Stähle übliche Werte sind.

[0027] Wenngleich es eine Vielzahl von Verfahren gibt, mit denen sich diese Schicht herstellen lässt, sind Niedertemperatur-Diffusionsverfahren bevorzugt, da sie auf die Ankerwelle angewendet werden können, ohne dass sich die Ankerwelle während der Herstellung der Schicht als Ganzes deformiert, beispielsweise verzieht. Bevorzugte Niedertemperatur-Diffusionsverfahren sind Nitrocarburieren und Kolsterisieren. Auf diese Weise resultieren Schichten, in denen ein Kohlenstoff- und/oder Stickstoffgehalt im Vergleich zum Grundmaterial der Ankerwelle erhöht ist. In der Regel treten dabei keine Gefügeveränderungen auf, und die betreffende Schicht ist außer durch Härtemessungen und Elementanalyse in den Schlibbildern durch Verfärbungen, insbesondere bräunliche Verfärbungen, erkennbar. Ferner lässt sich der in der Schicht erhöhte Kohlenstoff- und/oder Stickstoffgehalt anhand der eingebrachten Druckeigenstressspannungen zumindest grundsätzlich, wenn auch mitunter aufwendig, nachweisen.

[0028] Unter Niedertemperatur-Diffusionsverfahren werden vorliegend insbesondere thermochemische Verfahren verstanden, bei denen die Ankerwelle einer, beispielsweise kohlenstoff- und/oder stickstoffhaltigen, Atmosphäre ausgesetzt wird, insbesondere bei Temperaturen unterhalb von 650°C oder sogar unterhalb von 350°C, und bei denen aus der Atmosphäre Atome, beispielsweise Kohlenstoffatome und/oder Stickstoffatome, in eine Randschicht der Ankerwelle und/oder in die Ankerwelle, eindiffundieren.

[0029] Die Schicht weist vorzugsweise eine Tiefe von 5 µm bis 50 µm auf, beispielsweise eine Tiefe von 10 µm bis 15 µm. Unterhalb dieser Schicht ist insbesondere das Grundmaterial der Ankerwelle angeordnet.

[0030] Bei dem Grundmaterial handelt es vorzugsweise um einen ferritischen Stahl und/oder um einen kaltverfestigten Stahl und/oder um einen magnetischen Stahl. Ferner kann es sich um eine Eisen-Kobalt-Legierung handeln.

[0031] Die Masse der Ankerwelle beträgt weniger als 3 Gramm, vorzugsweise sogar weniger als 2 Gramm, sodass eine hohe Dynamik des Mengensteuerventils sichergestellt ist.

[0032] Vorteilhafte Weiterbildungen sind in weiteren Unteransprüchen angegeben. Für die Erfindung wichtige Merkmale finden sich ferner in der nachfolgenden Beschreibung und in den Zeichnungen, wobei die Merkmale sowohl in Alleinstellung als auch in unterschiedlichen Kombinationen für die Erfindung

wichtig sein können, ohne dass hierauf nochmals explizit hingewiesen wird.

[0033] Nachfolgend werden beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert. In der Zeichnung zeigen:

[0034] Fig. 1 ein vereinfachtes Schema eines Kraftstoffeinspritzsystems einer Brennkraftmaschine;

[0035] Fig. 2 ein erfindungsgemäßes Mengensteuerventil;

[0036] Fig. 3 eine Ankerwelle des Mengensteuerventils aus Fig. 2;

[0037] Fig. 4 ein Schlibbild der Ankerwelle des Mengensteuerventils aus Fig. 3.

Ausführungsformen

[0038] Fig. 1 zeigt ein Kraftstoffeinspritzsystem **1** einer Brennkraftmaschine in einer stark vereinfachten Darstellung. Ein Kraftstofftank **9** ist über eine Saugleitung **4**, eine Vorförderpumpe **5** und eine Niederdruckleitung **7** mit einer (nicht näher erläuterten) Hochdruckpumpe **3** verbunden. An die Hochdruckpumpe **3** ist über eine Hochdruckleitung **11** ein Hochdruckspeicher **13** ("Common Rail") angeschlossen. Ein Mengensteuerventil **14** mit einer elektromagnetischen Betätigungseinrichtung **15** – im Folgenden als ein Elektromagnet **15** bezeichnet – ist hydraulisch im Verlauf der Niederdruckleitung **7** zwischen der Vorförderpumpe **5** und der Hochdruckpumpe **3** angeordnet. Sonstige Elemente, wie beispielsweise Ventile der Hochdruckpumpe **3**, sind in der Fig. 1 nicht gezeichnet. Es versteht sich, dass das Mengensteuerventil **14** als Baueinheit mit der Hochdruckpumpe **3** ausgebildet sein kann. Beispielsweise kann das Mengensteuerventil **14** ein Einlassventil der Hochdruckpumpe **3** sein.

[0039] Beim Betrieb des Kraftstoffeinspritzsystems **1** fördert die Vorförderpumpe **5** Kraftstoff vom Kraftstofftank **9** in die Niederdruckleitung **7**. Dabei bestimmt das Mengensteuerventil **14** die der Hochdruckpumpe **3** zugeführte Kraftstoffmenge.

[0040] Fig. 2 zeigt eine Ansicht des Mengensteuerventils **14** von Fig. 1 in einer Schnittdarstellung. Das Mengensteuerventil **14** ist im Wesentlichen rotationssymmetrisch zu einer Längsachse **12** ausgeführt. Das Mengensteuerventil **14** ist in einem nicht gezeichneten Gehäuse einer Hochdruckpumpe **3** festgelegt und bildet das Einlassventil der Hochdruckpumpe **3**.

[0041] Das Mengensteuerventil **14** umfasst eine über einen Polkern **17** aufgewickelte Magnetspule **15** und eine Ankerwelle **16**, wobei zwischen dem Polkern

17 und der Ankerwelle **16** eine Ankerfeder **22** eingespannt ist. Durch das Einwirken magnetischer Kräfte und der Rückstellkraft der Ankerfeder **22** kann die Ankerwelle **16** in axialer Richtung zwischen dem Polkern **17** und einem gehäusefesten Anschlag **163** bewegt werden.

[0042] Die Ankerwelle **16** besteht aus einem dem Polkern **17** zugewandten Ankerbereich **161** und einem vom Polkern **17** abgewandten Nadelbereich **162** und ist, ohne mit anderen Bauteilen dauerhaft verbunden zu sein, einstückig ausgeführt.

[0043] Die Ankerwelle **16** liegt mit ihrer vom Polkern **17** abgewandten Stirnseite an dem Ventilelement **26** des Mengensteuerventils **14** an, und vermag das Mengensteuerventil **14** auf diese Weise gegen die Kraft der Ventilfeeder **40** zwangsweise zu öffnen, beispielsweise um einen Rückfluss von Kraftstoff aus einem Arbeitsraum **31** der Hochdruckpumpe **3** in die Niederdruckleitung **7** entgegen der Öffnungsrichtung des Mengensteuerventils **14** zu ermöglichen. In einer speziellen Ausführungsform kann die Ankerwelle zusätzlich einstückig mit dem Ventilelement **26** ausgebildet sein, also dessen Funktionen gleichzeitig übernehmen.

[0044] Das Ventilelement **26** hat vorliegend eine im Wesentlichen plattenförmige Gestalt und liegt bei geschlossenem Mengensteuerventil **14** auf einem ringförmigen Dichtsitz **27** auf.

[0045] Die Ankerwelle **16** ist in **Fig. 3** vergrößert perspektivisch dargestellt. Der Ankerbereich **161** und der Nadelbereich **162** haben beide eine im wesentlichen zylindrische Form und sind in axialer Richtung hintereinander angeordnet, wobei der Ankerbereich **161** einen Durchmesser aufweist, der mehr als doppelt so groß ist wie der Durchmesser des Nadelbereichs **162** und wobei der Ankerbereich **161** eine Länge aufweist, die weniger als halb so groß ist wie die Länge des Nadelbereichs **162**. Die Ankerwelle **16** hat beispielsweise eine Gesamtlänge im Bereich von 10–30 mm.

[0046] Die Ankerwelle **16** weist in diesem Beispiel zwei in axialer Richtung durch den Ankerbereich **161** verlaufende Durchgangsbohrungen **164** auf, deren Funktion darin besteht, bei einer Bewegung der Ankerwelle **16** Kraftstoff durch den Ankerbereich **161** der Ankerwelle **16** leiten zu können.

[0047] Am Übergang **165** zwischen dem Nadelbereich **162** und dem Ankerbereich **161** befindet sich eine als Innenkante ausgebildete radial vollständig umlaufende Kante **166**, die bei einem Schnitt wie in **Fig. 2** den Nadelbereich **162** mit dem Ankerbereich **161** unter einem rechten Winkel \square verbindet. In diesem Beispiel weist die Kante **166** eine Verrundung **167** auf, die sich aus einer ersten Teilverrundung **167a** und einer zweiten Teilverrundung **167b**

zusammensetzt. Jede dieser Teilverrundungen ver rundet die rechtwinklige Kante **166** etwa zur Hälfte, also zu 45°.

[0048] Die erste Teilverrundung **167a** stellt den dem Nadelbereich **162** zugewandten Teil der Verrundung **167** da und weist einen relativ großen Verrundungsradius r_1 auf, im Beispiel 6,5 mm. Ihr schließt sich, dem Ankerbereich **161** zugewandt, absatzfrei und knickfrei die zweite Teilverrundung **167b** an, die einen relativ kleinen Verrundungsradius r_2 aufweist, im Beispiel 0,45 mm.

[0049] Das Grundmaterial **169** der Ankerwelle **16** ist homogen und besteht aus einem kaltverfestigten ferritischen Werkstoff oder alternativ aus einer Eisen-Kobalt-Legierung. Die Härte des Grundmaterials **169** beträgt 150 HV. An der Oberfläche der Ankerwelle **16** ist eine gehärtete Schicht **168** ausgebildet, die bis in eine Tiefe von 15 μm in die Ankerwelle hineinreicht und die eine Härte von 1000 HV aufweist. Diese Schicht wurde durch ein Nieder temperatur-Diffusionsverfahren, beispielsweise nitrocarburieren oder kolsterisieren, erzeugt. In dieser Schicht ist ein Gehalt an Kohlenstoff und/oder Stickstoff im Vergleich zum Grundmaterial **169** erhöht. In einem Schliff (**Fig. 4**) ist die Schicht **168** als bräunliche Verfärbung bei ansonsten unbeeinflusstem metallurgischem Gefüge erkennbar.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 2453122 A1 [0001]
- DE 102010062451 A1 [0011]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Norm DIN ISO 13715:2000 [0014]

Patentansprüche

1. Elektromagnetisch betätigbares Mengensteuerventil (14), insbesondere zur Steuerung der Fördermenge einer Hochdruckpumpe (3), mit einem Elektromagneten (15), mit einem in einer axialen Richtung bewegbaren Ventilelement (26) zum Öffnen und Schließen des Mengensteuerventils (14) und ferner mit einer Ankerwelle (16) zur Übertragung einer von dem Elektromagneten (15) erzeugten, in axialer Richtung wirkenden Kraft auf das Ventilelement (26), wobei die Ankerwelle (16) einen dem Ventilelement (26) zugewandten Nadelbereich (162) aufweist und einen von dem Ventilelement (26) abgewandten Ankerbereich (161) aufweist, wobei der Nadelbereich (162) und der Ankerbereich (161) gemeinsam einstückig ausgebildet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Mittel (167, 168) zur Erhöhung mindestens einer Festigkeit der Ankerwelle (16) vorgesehen ist.

2. Elektromagnetisch betätigbares Mengensteuerventil (14) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Nadelbereich (162) gegenüber dem Ankerbereich (161) einen geringeren Durchmesser aufweist und dass das mindestens eine Mittel eine Verrundung (167) der am Übergang (165) zwischen dem Nadelbereich (162) und dem Ankerbereich (161) befindlichen Kante (166) ist.

3. Elektromagnetisch betätigbares Mengensteuerventil (14) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verrundung (167) eine erste, dem Nadelbereich (162) zugewandte Teilverrundung (167a) mit einem ersten Verrundungsradius (r1) aufweist und eine zweite, dem Ankerbereich (161) zugewandte Teilverrundung (167b) mit einem zweiten Verrundungsradius (r2) aufweist, wobei der erste Verrundungsradius (r1) von dem dem zweiten Verrundungsradius (r2) verschieden ist.

4. Elektromagnetisch betätigbares Mengensteuerventil (14) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Verrundungsradius (r1) mindestens den 5-fachen Wert des zweiten Verrundungsradius (r2) aufweist.

5. Elektromagnetisch betätigbares Mengensteuerventil (14) nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Teilverrundung (167a) und/oder die zweite Teilverrundung (167b) bezüglich dem Winkel (\square) unter dem der Nadelbereich (162) an der Kante (166) in den Ankerbereich (161) übergeht, die Kante (166) jeweils mindestens zu einem Viertel verrundet.

6. Elektromagnetisch betätigbares Mengensteuerventil (14) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verrundungsradius (r) in Richtung von

dem Nadelbereich (162) hin zu dem Ankerbereich (161) abnimmt, insbesondere kontinuierlich abnimmt.

7. Elektromagnetisch betätigbares Mengensteuerventil (14) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das mindestens eine Mittel eine zumindest entlang von Teilen der Oberfläche der Ankerwelle (16) vorgesehene Schicht (168), deren Härte größer ist als die Härte eines Grundmaterials (169) der Ankerwelle (16), ist.

8. Elektromagnetisch betätigbares Mengensteuerventil (14) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Härte zumindest entlang der Teile der Oberfläche der Ankerwelle (16) mindestens 900 HV beträgt.

9. Elektromagnetisch betätigbares Mengensteuerventil (14) nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest entlang der Teile der Oberfläche der Ankerwelle (16) ein Kohlenstoff und/oder Stickstoffgehalt im Vergleich zum Grundmaterial (169) der Ankerwelle (16) erhöht ist.

10. Elektromagnetisch betätigbares Mengensteuerventil (14) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schicht (168) mittels eines Niedertemperatur-Diffusionsprozesses, insbesondere mittels Nitrocarburieren und/oder Kolsterieren und/oder Niedertemperatur-Gasnitrieren und/oder Oxynitrieren, hergestellt ist.

11. Elektromagnetisch betätigbares Mengensteuerventil (14) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schicht (168) bis in eine Tiefe von 5µm bis 50µm in die Ankerwelle (16) hineinreicht.

12. Elektromagnetisch betätigbares Mengensteuerventil (14) nach einem der Anspruch 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Grundmaterial (169) der Ankerwelle (16) ein magnetisierbarer, kaltverfestigter und/oder ferritischer Stahl und/oder eine Eisen-Cobalt-Legierung ist.

13. Elektromagnetisch betätigbares Mengensteuerventil (14) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ankerwelle (16) im Ankerbereich (161) eine oder mehrere, insbesondere zwei, in axialer Richtung verlaufende Durchgangsbohrungen (164) aufweist.

14. Elektromagnetisch betätigbares Mengensteuerventil (14) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Mengensteuerventil (14) ein Gehäuse aufweist, an dem Anschlüsse (163, 17) ortsfest vorgesehen sind, an denen die Ankerwelle (16) bei Bewegung in beiden axialen Richtungen zur Anlage kommt.

15. Elektromagnetisch betätigbares Mengensteuerventil (**14**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dadurch gekennzeichnet**, dass die Ankerwelle (**16**), gegebenenfalls abgesehen von einer oberflächlichen Schicht (**168**), aus einem homogenen Grundmaterial (**169**) besteht.

16. Kraftstoffkolbenpumpe (**3**) mit einem elektromagnetisch betätigbarem Mengensteuerventil (**14**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das elektromagnetisch betätigbare Mengensteuerventil (**14**) ein Einlassventil der Kraftstoffkolbenpumpe (**3**) ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

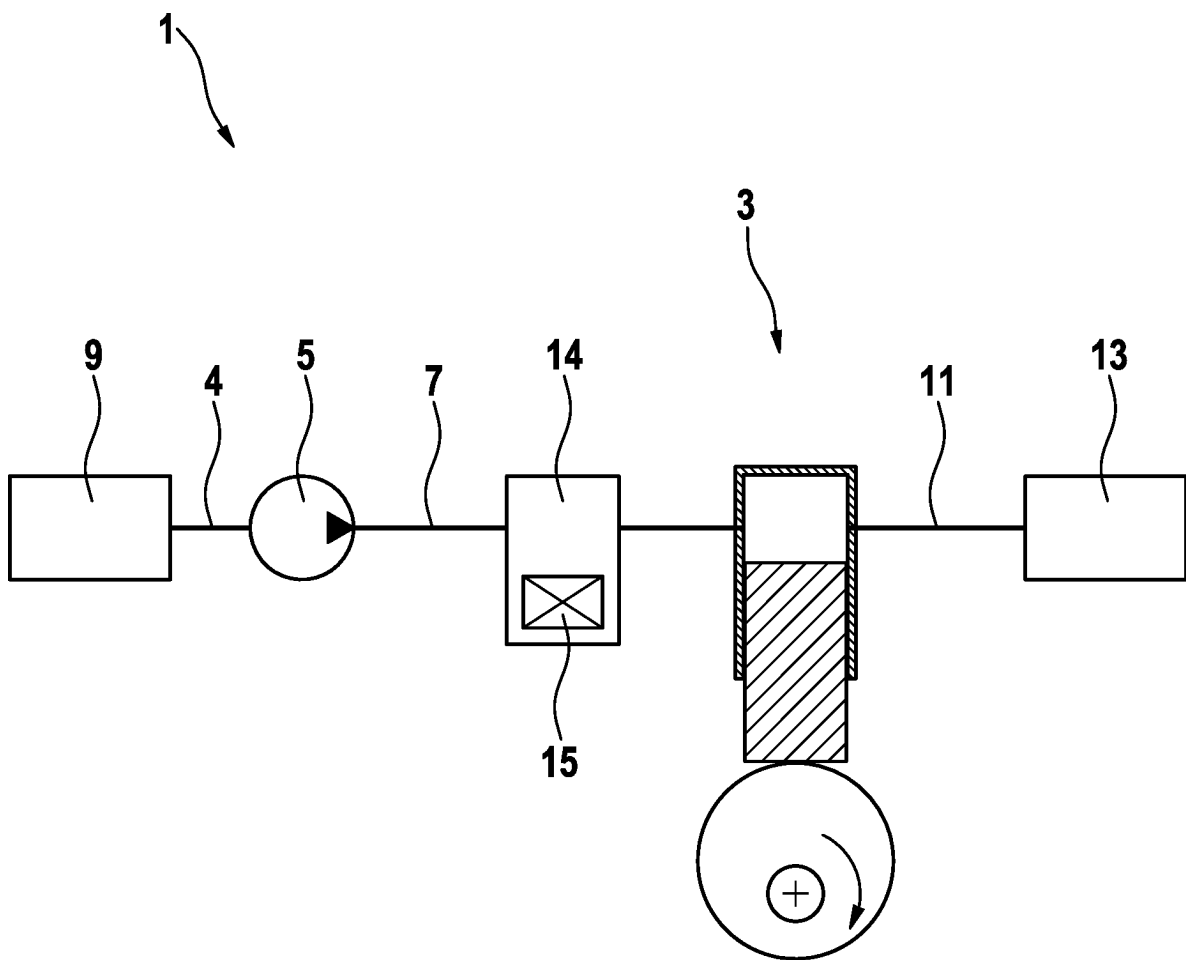


FIG. 1

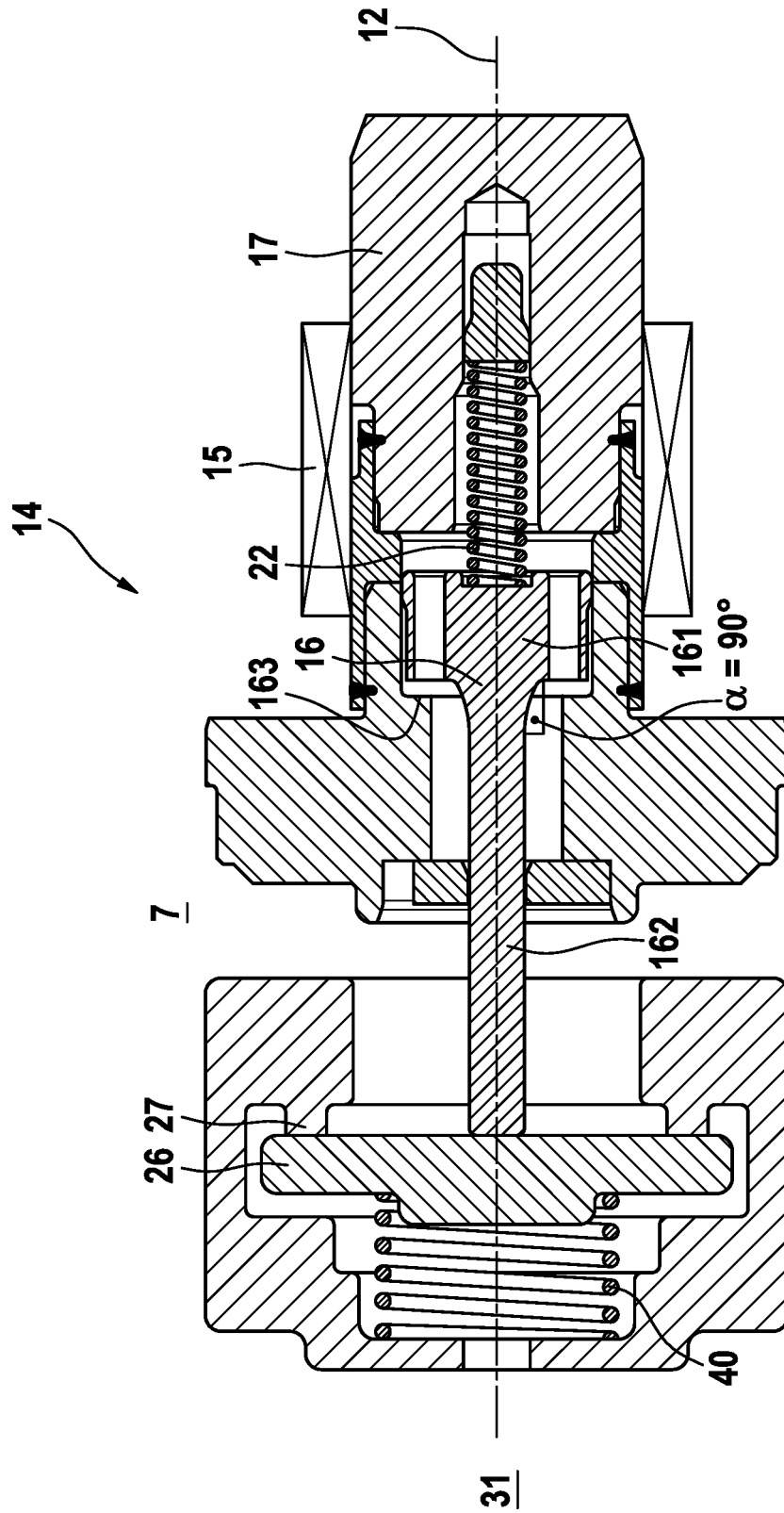


FIG. 2

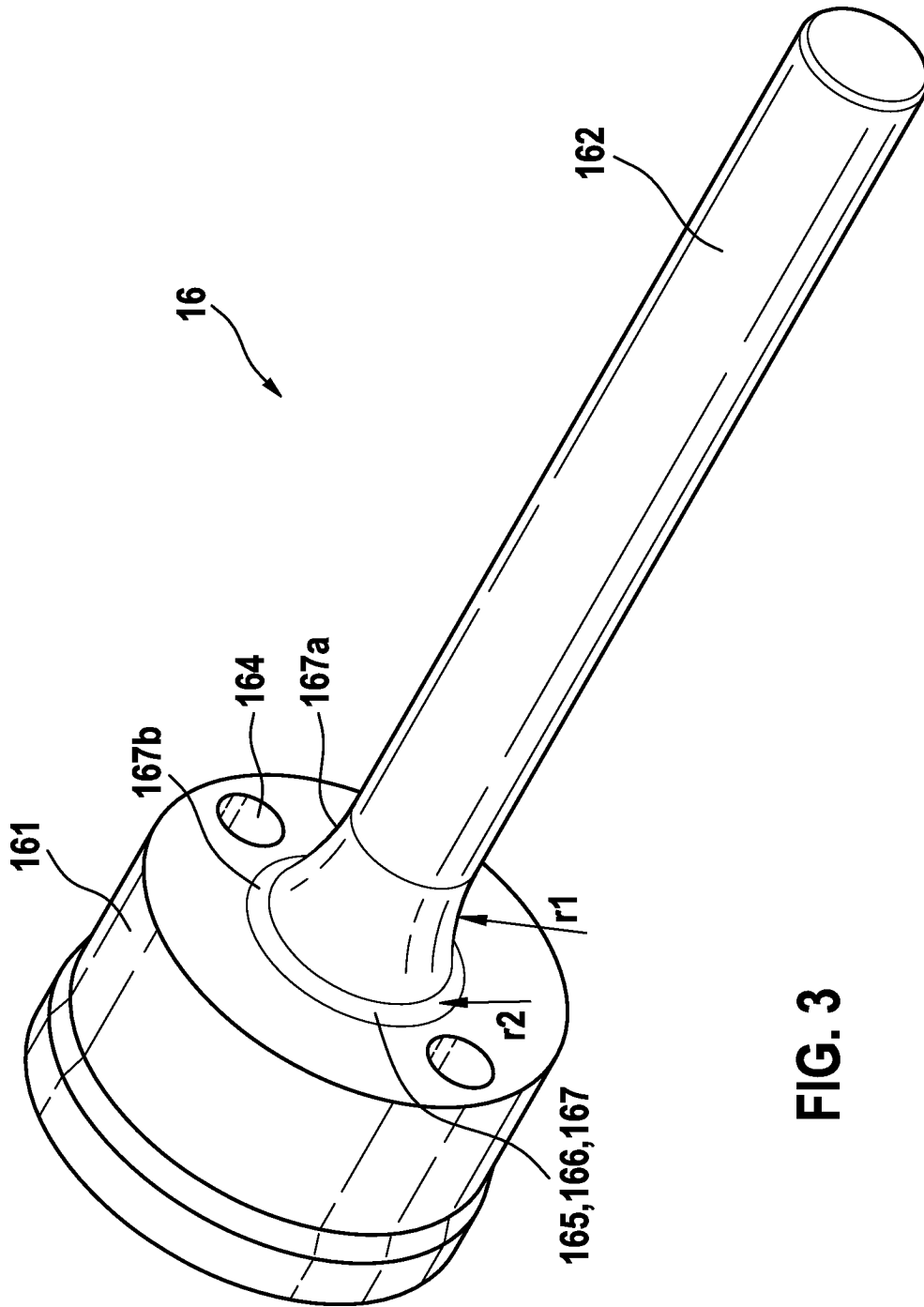


FIG. 3

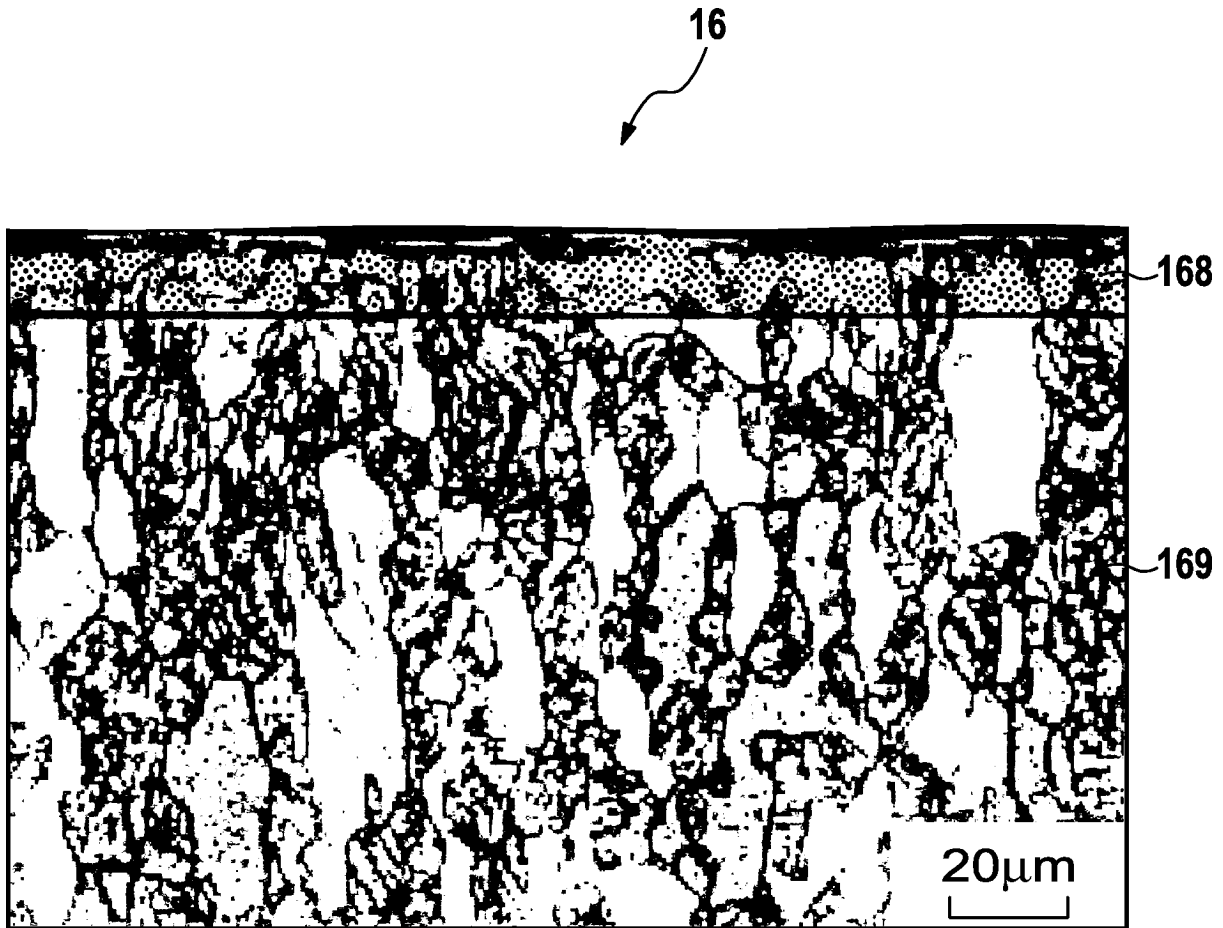


FIG. 4