

(19)



(11)

EP 3 529 492 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
02.06.2021 Patentblatt 2021/22

(51) Int Cl.:
F04B 1/0404 ^(2020.01) **F04B 53/10** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17778194.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2017/073090

(22) Anmeldetag: **14.09.2017**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2018/072933 (26.04.2018 Gazette 2018/17)

(54) **HOCHDRUCKPUMPE FÜR EIN KRAFTSTOFFEINSPRITZSYSTEM**

HIGH-PRESSURE PUMP FOR A FUEL INJECTION SYSTEM

POMPE HAUTE PRESSION POUR UN SYSTÈME 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: **20.10.2016 DE 102016220610**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.08.2019 Patentblatt 2019/35

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:
• **MUELLNER, Thomas
5400 Hallein (AT)**
• **SCHWAIGER, Dominik
5505 Mühlbach (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 2 217 066 DE-A1- 2 930 499
JP-A- H08 144 892 JP-A- 2003 065 186
JP-A- 2005 147 096

EP 3 529 492 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Hochdruckpumpe, insbesondere für ein Kraftstoffeinspritzsystem, mit einem Druckventil. Die Hochdruckpumpe verdichtet ein Fluid, insbesondere Kraftstoff.

Stand der Technik

[0002] Aus der Offenlegungsschrift DE 2014 10 218 488 A1 ist eine Hochdruckpumpe eines Kraftstoffeinspritzsystems bekannt. Die Hochdruckpumpe dient der Förderung von unter Hochdruck stehendem Fluid, insbesondere Kraftstoff. Die bekannte Hochdruckpumpe umfasst einen volumenveränderbaren Verdichtungsraum und ein Druckventil. Das Druckventil weist eine an einem Hochdruckventilkolben ausgebildete Ventilfläche und einen an einem Ventilträger ausgebildeten Ventilsitz auf. Die Ventilfläche wirkt mit dem Ventilsitz zusammen und öffnet und schließt dadurch eine hydraulische Verbindung von dem Verdichtungsraum zu einer Hochdruckbohrung. Darüber hinaus ist aus der DE 29 30 499 A1 eine Kraftstoff-Einspritzpumpe bekannt mit einem Druckventil, das eine stromabwärts des Dichtsitzes ausgebildete Ringnut aufweist. Die JP 2003 065 186 zeigt eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung, die eine Kraftstoff-Einspritzpumpe umfasst.

[0003] Beim Betrieb der Hochdruckpumpe kann es unter gewissen Betriebsbedingungen zur Kavitationserosion, also zu einem Materialabtrag des Druckventils im Ventilsitzbereich kommen, welche schon nach kurzer Laufzeit zum Verlust der Dichtfunktion des Druckventils und in Folge zum Ausfall der Hochdruckpumpe führen kann. Dies entsteht durch eine schnelle Umwandlung von gasförmigen Fluid in Flüssigkeit, ein sogenannter Blasenkollaps, bei einem Druckanstieg über den Dampfdruck des Fluids. Dadurch kommt es lokal zu einer sehr starken Druckwelle im Fluid, welche umgebende Bauteile schädigen kann. Tritt diese Schädigung am Ventilsitz auf, so kann dies schon nach kurzer Betriebszeit zu einem Verlust der Dichtfunktion des Druckventils führen.

Offenbarung der Erfindung

[0004] Die erfindungsgemäße Hochdruckpumpe reduziert das Risiko von Kavitationserosion durch eine entsprechende Strömungsgeometrie für das Fluid nahe des Ventilsitzes.

[0005] Dazu umfasst die Hochdruckpumpe einen volumenveränderbaren Verdichtungsraum und ein Druckventil. Das Druckventil weist eine an einem Hochdruckventilkolben ausgebildete Ventilfläche und einen an einem Ventilträger ausgebildeten Ventilsitz auf. Die Ventilfläche wirkt mit dem Ventilsitz zusammen und öffnet und schließt dadurch eine hydraulische Verbindung von dem Verdichtungsraum zu einer Hochdruckbohrung. Stromaufwärts des Ventilsitzes ist ein Kavitationsvolumen in dem Hochdruckventilkolben in der Form einer

Ringnut ausgebildet.

[0006] Die Funktion des Kavitationsvolumens ist die Verschiebung der Dampfbildung in eine Region, welche vom Ventilsitz bzw. der Ventilfläche weit genug entfernt ist. Das Kavitationsvolumen stellt für die Strömung bei geschlossener hydraulischer Verbindung ein geschlossenes Ende dar. Somit kommt es in dem Kavitationsvolumen zur Dampfbildung, und beim schnellen Verschwinden des Dampfes zu starken Druckwellen, welche an umliegenden Bereichen zur Erosion führen können. Durch die Ausbildung des Kavitationsvolumens in dem Hochdruckventilkolben sind diese Bereiche jedoch weit genug vom Ventilsitz entfernt, so dass dieser nicht mehr erodiert wird. Andererseits darf das Kavitationsvolumen jedoch auch nicht zu weit vom Ventilsitz entfernt liegen, da sonst der Ventilsitz ein weiteres geschlossenes Ende für die Strömung darstellen würde, so dass der Ventilsitz in der Folge unmittelbar von Kavitationserosion betroffen wäre.

[0007] Das Kavitationsvolumen umfasst eine an dem Hochdruckventilkolben ausgebildete umlaufende Nut. Die umlaufende Nut ist dabei vorzugsweise unmittelbar stromaufwärts des Ventilsitzes angeordnet und auf der äußeren Mantelfläche des Hochdruckventilkolbens ausgebildet. Dadurch wird das Strömungsvolumen stromaufwärts des Ventilsitzes vergrößert und der Bereich der Dampfbildung bzw. das geschlossene Ende vom Ventilsitz weg verlagert.

[0008] In vorteilhaften Ausführungen ist das Kavitationsvolumen eine Erweiterung einer im Hochdruckventilkolben ausgebildeten Kolbenbohrung. In der Kolbenbohrung ist ein Saugventilkolben längsbeweglich geführt, wobei der Saugventilkolben durch seine Längsbewegung eine weitere hydraulische Verbindung öffnet und schließt. Dadurch ist ein Saugventil realisiert, welches bauraumsparend zumindest teilweise in dem Druckventil angeordnet ist. Vorzugsweise wirkt der Saugventilkolben dabei mit einem an dem Ventilträger ausgebildeten weiteren Ventilsitz zusammen. Die Kolbenbohrung und das Kavitationsvolumen können so in einem Fertigungsschritt gemeinsam gefertigt werden.

[0009] In vorteilhaften Ausführungen umfasst das Kavitationsvolumen ein Sacklochvolumen und Verbindungskanäle, vorzugsweise bestehend aus drei Bohrungen. Die Verbindungskanäle münden dabei direkt in die hydraulische Verbindung unmittelbar stromaufwärts des Ventilsitzes bzw. der Ventilfläche, so dass der Bereich des Ventilsitzes strömungstechnisch gesehen kein geschlossenes alleiniges Ende mehr darstellt. Die Dampfbildung wird dadurch vom Ventilsitz weg in den Bereich des Sacklochvolumens verlagert.

[0010] In vorteilhaften Ausführungen ragt das Kavitationsvolumen durch eine durch den Ventilsitz definierte Ebene. Dadurch ist das Kavitationsvolumen besonders stark als geschlossenes Ende ausgeprägt und dementsprechend wirkungsvoll gestaltet, so dass die Dampfbildung vom Ventilsitz weg verlagert wird. Dabei können einzelne oder alle Teilbereiche - beispielsweise Sack-

lochvolumen und umlaufende Nut - durch die Ebene ragen.

Fig.1 zeigt einen Längsschnitt einer aus dem Stand der Technik bekannten Hochdruckpumpe, wobei nur die wesentlichen Bereiche dargestellt sind.

Fig.2 zeigt einen Längsschnitt eines Hochdruckventilkolbens eines Druckventils einer erfindungsgemäßen Hochdruckpumpe, wobei nur die wesentlichen Bereiche dargestellt sind.

Fig.3 zeigt einen Längsschnitt eines weiteren Hochdruckventilkolbens eines Druckventils einer erfindungsgemäßen Hochdruckpumpe, wobei nur die wesentlichen Bereiche dargestellt sind.

Beschreibung

[0011] **Fig.1** zeigt einen Längsschnitt einer Hochdruckpumpe 100 eines Kraftstoffeinspritzsystems, wobei nur die wesentlichen Bereiche dargestellt sind. Die Hochdruckpumpe 100 ist aus dem Stand der Technik bekannt und dient der Versorgung von nicht dargestellten Injektoren mit unter Hochdruck stehendem Kraftstoff, wobei dies direkt oder über ein Common Rail erfolgen kann.

[0012] Das Gehäuse der Hochdruckpumpe 100 besteht aus einem Zylindergehäuse 1 und einem mit diesem verschraubten Zylinderkopf 2. Ein Ventilgehäuse 3 ist in das Zylindergehäuse 1 eingeschraubt, welches mit dem Zylinderkopf 2 abgedichtet ist. Im Zylindergehäuse 1 ist eine nicht dargestellte Nockenwelle rotierbar gelagert, die den Antrieb der Hochdruckpumpe 100 bildet.

[0013] In einer im Ventilgehäuse 3 ausgebildeten Führungsbohrung 35 ist ein Pumpenkolben 5, der zumindest mittelbar mit der nicht dargestellten Nockenwelle zusammenwirkt, in einer Längsrichtung 90 geführt, die senkrecht zur Nockenwelle verläuft.

[0014] Innerhalb des Ventilgehäuses 3, in dem der Nockenwelle abgewandten Bereich, sind ein Ventilträger 10 und ein Ventilstück 20, beide im Wesentlichen von zylindrischer Form, in Längsrichtung 90 verspannt. Dazu ist der Zylinderkopf 2 mit dem Zylindergehäuse 1 verschraubt und das Zylindergehäuse 1 mit dem Ventilgehäuse 3. Der Ventilträger 10 ist an einer äußeren Mantelfläche 14 innerhalb des Ventilgehäuses 3 positioniert. Weiterhin wirkt der Ventilträger 10 an einer ersten Stirnfläche 18 mit einer ersten Auflagefläche 30 des Ventilgehäuses 3 und an einer zweiten Stirnfläche 19 mit einer ersten Dichtfläche 27 des Ventilstücks 20 zusammen. Das Ventilstück 20 wirkt außerdem an einer zweiten Dichtfläche 28 mit einer zweiten Auflagefläche 29 des Zylinderkopfs 2 zusammen.

[0015] Zwischen dem Ventilgehäuse 3, dem Ventilträger 10 und dem Pumpenkolben 5 ist ein Verdichtungsraum 6 ausgebildet, der über im Ventilträger 10 ausgebildete Füllbohrungen 13 mit einem im Ventilträger 10 ausgebildeten Ringraum 12 hydraulisch verbunden ist.

Die Füllbohrungen 13 verlaufen in Richtung der Längsachse des Ventilträgers 10. Hydraulisch gesehen sind die Füllbohrungen 13 und der Ringraum 12 eine Erweiterung des Verdichtungsraums 6, da sie mit diesem ständig verbunden sind.

[0016] Im Ventilträger 10 verläuft vom Ringraum 12 eine erste Bohrung 11 zum Ventilstück 20 und mündet dort in eine zweite Bohrung 21, die im Ventilstück 20 ausgebildet ist und die wiederum in eine im Zylinderkopf 2 ausgebildete Hochdruckbohrung 9 mündet. Die Hochdruckbohrung 9 führt entweder in ein nicht dargestelltes Common Rail des Kraftstoffeinspritzsystems oder in eine bzw. mehrere nicht dargestellte Injektoren des Kraftstoffeinspritzsystems.

[0017] Innerhalb des Ventilträgers 10 und des Ventilstücks 20 sind Ventilfunktionen realisiert, die eine hydraulische Verbindung und eine weitere hydraulische Verbindung öffnen und schließen:

Ein Hochdruckventilkolben 40, der in der ersten Bohrung 11 geführt und durch eine Hochdruckventilfeder 42 gegen den Ventilträger 10 vorgespannt ist, öffnet und schließt die hydraulische Verbindung 45, indem eine an dem Hochdruckventilkolben 40 ausgebildete Ventilfläche 51 mit einem an dem Ventilträger 10 ausgebildeten Ventilsitz 15 zusammenwirkt. Die erste hydraulische Verbindung stellt ein Druckventil 101 der Hochdruckpumpe 100 dar.

[0018] Ein Saugventilkolben 41, der in einer Kolbenbohrung 55 des Hochdruckventilkolbens 40 geführt und durch eine Saugventilfeder 43 gegen den Ventilträger 10 vorgespannt ist, öffnet und schließt die weitere hydraulische Verbindung vom Ringraum 12 zu einer im Ventilträger 10 angeordneten Niederdruckbohrung 17, indem er einen zwischen Ventilträger 10 und Saugventilkolben 41 ausgebildeten weiteren Ventilsitz 46 öffnet und schließt.

[0019] Die Niederdruckbohrung 17 ist hydraulisch zumindest mittelbar mit einem nicht dargestellten Kraftstofftank bzw. einer nicht dargestellten Vorförderpumpe verbunden und dient der Befüllung von Ringraum 12 und Verdichtungsraum 6 während des Saugtaktes der Hochdruckpumpe 100, bzw. während der Längsbewegung des Pumpenkolbens 5 in Längsrichtung 90, bei der das Volumen des Verdichtungsraums 6 expandiert.

[0020] Die Funktionsweise der Hochdruckpumpe 100 ist wie folgt:

Die nicht dargestellte Nockenwelle wandelt aufgrund ihres Nockens ein Drehmoment in eine axiale Längskraft auf den längsbeweglichen Pumpenkolben 5 um und bewegt diesen somit in der Führungsbohrung 35 in Längsrichtung 90 auf und ab, wodurch sich das Volumen des Verdichtungsraums 6 ändert.

[0021] Im oberen Totpunkt des Pumpenkolbens 5 ist das Volumen des Verdichtungsraums 6 minimal (ähnlich dem in der **Fig.1** dargestellten Zustand) und damit der darin befindliche Kraftstoff maximal verdichtet. Zu diesem Zeitpunkt stehen der Verdichtungsraum 6 und damit auch die Füllbohrungen 13 und der Ringraum 12 unter

Hochdruck. Der Ventilsitz 15 zwischen Hochdruckventilkolben 40 und Ventilträger 10 bzw. die hydraulische Verbindung 45 ist geöffnet, solange die hydraulisch resultierende Kraft auf den Hochdruckventilkolben 40 entgegen der Längsrichtung 90 größer ist als die Kraft der Hochdruckventilfeder 42, d.h. wenn die Differenz zwischen dem Druck im Ringraum 12 und dem Druck in der Hochdruckbohrung 9 so groß ist, dass die daraus resultierende hydraulische Kraft auf den Hochdruckventilkolben 40 größer ist als die Federkraft der Hochdruckventilfeder 42. In diesem Zustand werden die Injektoren bzw. das Common Rail mit unter Hochdruck stehendem Kraftstoff befüllt.

[0022] Eine Drehung der Nockenwelle bewirkt nun, dass sich der Pumpenkolben 5 in Längsrichtung 90 bewegt. Dadurch expandiert das Volumen des Verdichtungsraums 6 und der Kraftstoff im Verdichtungsraum 6 entspannt sich und somit auch der Kraftstoff in den Füllbohrungen 13, im Ringraum 12, in der ersten Bohrung 11 und in der Kolbenbohrung 55. Mit abnehmendem Druck in der ersten Bohrung 11 sinkt auch die hydraulisch resultierende Öffnungskraft auf den Hochdruckventilkolben 40, so dass dieser mit seiner Ventilfläche 51 durch die Kraft der Hochdruckventilfeder 42 in den Ventilsitz 15 gedrückt wird und die hydraulische Verbindung 45 innerhalb der ersten Bohrung 11 schließt. Dadurch ist der Fördervorgang ins Common Rail bzw. in die Injektoren beendet. Der Kraftstoff im Verdichtungsraum 6, in den Füllbohrungen 13 und im Ringraum 12 kann nun weiter entspannt werden, ohne dass gleichzeitig der Druck in der zweiten Bohrung 21 bzw. der Hochdruckbohrung 9 abfällt.

[0023] Bis zum unteren Totpunkt des Pumpenkolbens 5, in dem das Volumen des Verdichtungsraums 6 maximal ist, wird der Kraftstoff im Ringraum 12 soweit entspannt bis der Druck im Ringraum 12 unter den Druck in der Niederdruckbohrung 17 abfällt, der üblicherweise etwa 5 bar beträgt. Ab einer bestimmten Druckdifferenz reichen die hydraulische Kraft im Ringraum 12 und die Kraft der Saugventilfeder 43 auf den Saugventilkolben 41 nicht mehr aus, um den Saugventilkolben 41 gegen den weiteren Ventilsitz 46 zu drücken. Die hydraulische Kraft in der Niederdruckbohrung 17 öffnet die weitere hydraulische Verbindung zwischen dem Ventilträger 10 und dem Saugventilkolben 41 entgegen der Kraft der Saugventilfeder 43. Dadurch strömt Kraftstoff über die Niederdruckbohrung 17 in den Ringraum 12 und befüllt so auch die Füllbohrungen 13, den Verdichtungsraum 6, die erste Bohrung 11 und die Kolbenbohrung 55 bis zum Ventilsitz 15.

[0024] Sind die Drücke im Ringraum 12 und in der Niederdruckbohrung 17 durch den Befüllungsvorgang annähernd ausgeglichen, so ist die resultierende hydraulische Kraft auf den Saugventilkolben 41 annähernd Null und die Saugventilfeder 43 drückt den Saugventilkolben 41 gegen den weiteren Ventilsitz 46. Die weitere hydraulische Verbindung zwischen dem Saugventilkolben 41 und dem Ventilträger 10 wird dadurch geschlossen und

der Befüllungsvorgang beendet.

[0025] Der Pumpenkolben 5 wird nun durch die weitere Rotation der nicht dargestellten Nockenwelle aus seiner unteren Totpunktstellung entgegen der Längsrichtung 90 in seine obere Totpunktstellung bewegt. Dadurch wird das Volumen des Verdichtungsraums 6 reduziert und bei geschlossenem Ventilsitz 15 und geschlossenem weiteren Ventilsitz 46 der Kraftstoff in Verdichtungsraum 6, Füllbohrungen 13, Ringraum 12, erster Bohrung 11 und Kolbenbohrung 55 bis zum Ventilsitz 15 verdichtet. Die Verdichtung erfolgt solange, bis der Druck im Ringraum 12 den Druck in der zweiten Bohrung 21 bzw. in der Hochdruckbohrung 9 so weit übersteigt, dass die hydraulisch resultierende Öffnungskraft auf den Hochdruckventilkolben 40 entgegen der Längsrichtung 90 größer ist als die Schließkraft der Hochdruckventilfeder 42 und den Ventilsitz 15 bzw. die hydraulische Verbindung 45 öffnet.

[0026] Daraufhin strömt der verdichtete Kraftstoff vom Ringraum 12 durch die erste Bohrung 11 in die zweite Bohrung 21 und somit auch in die Hochdruckbohrung 9 und ins Common Rail bzw. in die Injektoren. Der Druck in der Hochdruckbohrung 9 nähert sich in der Folge dem Druck im Ringraum 12 an. Der Pumpenkolben 5 befindet sich zu diesem Zeitpunkt etwa wieder im oberen Totpunkt.

[0027] Die beschriebene Funktionsweise der Hochdruckpumpe 100 zeigt, dass die Volumenstromaufwärts der hydraulischen Verbindung 45 pro Nockenwellenumdrehung zwischen einem Niederdruckzustand und einem Hochdruckzustand zyklisch belastet werden. Dadurch unterliegen die örtlichen Geschwindigkeiten des Fluids starken Änderungen der örtlichen Geschwindigkeiten. In Bereichen sehr hoher Geschwindigkeiten des Fluids bilden sich durch Druckabsenkung mit Überschreitung der zugehörigen Siedetemperatur Dampfblasen, die in Bereichen mit steigendem Druck und Unterschreitung der Siedetemperatur schlagartig wieder zusammenfallen. Diese Dampfblasen, Kavitationsblasen genannt, führen beim Zusammenfall zu starken örtlichen Druckschlägen. Erfolgt dies in Bereichen von Materialwandungen, so kann es durch Schädigung der Metalloberfläche zu einer Kavitationserosion kommen. Der unmittelbare Strömungsbereich stromaufwärts des Ventilsitzes 15 stellt bei geschlossenem Druckventil 101 ein geschlossenes Ende dar. Speziell bei geschlossenen Enden kommt es bei einer Absenkung des Drucks unter den Dampfdruck zur Dampfentstehung, weil das Fluid nicht in die Richtung des geschlossenen Endes strömt. Beim Öffnen der hydraulischen Verbindung 45 gibt es somit ein Risiko der Kavitationserosion an den dem Ventilsitz 15 benachbarten Wandungen, insbesondere am Ventilsitz 15 selbst, am Ventilträger 10 und am Hochdruckventilkolben 40.

[0028] Aufgabe der Erfindung ist es eine Ventilgeometrie zu verwenden, welche die Erosion im Ventilsitzbereich bei nahezu allen Betriebszuständen der Hochdruckpumpe 100 vermeidet, damit es in Folge nicht zum Verlust der Ventildichtfunktion kommt. Dies gelingt, in-

dem stromaufwärts des Ventilsitzes 15 ein Kavitationsvolumen ausgebildet wird.

[0029] Dazu zeigt **Fig.2** einen Längsschnitt durch den Hochdruckventilkolben 40 mit dem im Hochdruckventilkolben 40 ausgebildeten Kavitationsvolumen 50. Durch die geometrische Gestaltung der Strömungsgeometrie mit dem Kavitationsvolumen 50 wird das geschlossene Ende der Strömungsgeometrie an eine Stelle abseits vom Ventilsitz 15 verlegt. Somit wird der wesentliche Mangel der auftretenden Kavitationserosion im Ventilsitzbereich behoben, welcher beim Stand der Technik besteht. Dadurch wird die Lebensdauer des Druckventils 101 erhöht bzw. die Ventilfunktion über die Lebensdauer der Hochdruckpumpe 100 gewährleistet.

[0030] Mit dem Kavitationsvolumen 50 als Zusatzvolumen vor dem Ventilsitzbereich, also stromaufwärts der Ventilfläche 51, wird eine Zone geschaffen, in welcher der Dampf abseits vom Ventilsitzbereich entstehen kann. In der Ausführung der **Fig.2** umfasst das Kavitationsvolumen 50 ein im Hochdruckventilkolben 40 ausgebildetes Sacklochvolumen 56, das eine Verlängerung der Kolbenbohrung 55 darstellt und rotationssymmetrisch zur Ventilachse 40a gestaltet ist, und drei Verbindungskanäle 57 ausgeführt als Bohrungen zwischen dem Sacklochvolumen 56 und der Region nahe dem Ventilsitz 15 bzw. nahe der Ventilfläche 51. Vorzugsweise durchdringt das Sacklochvolumen 56 dabei eine durch die Ventilfläche 51 definierte Ebene E. Dadurch ragt das Kavitationsvolumen 50 geometrisch betrachtet in einen Bereich stromabwärts des Ventilsitzes 15, wobei es strömungstechnisch betrachtet selbstverständlich immer noch stromaufwärts des Ventilsitzes 15 angeordnet ist. Diese Ausführung definiert das geschlossene Ende sehr deutlich in dem Sacklochvolumen 56.

[0031] **Fig.3** zeigt einen weiteren Hochdruckventilkolben 40 im Längsschnitt. In dieser Ausführung weist das Kavitationsvolumen 50 eine zur Ventilachse 40a rotationssymmetrische Form auf und ist als umlaufende Nut 59 am Hochdruckventilkolben 40 unmittelbar benachbart zur Ventilfläche 51 ausgebildet. In weiterführenden Ausbildungen weist der Hochdruckventilkolben sowohl ein Sacklochvolumen 56 mit Verbindungskanälen 57 als auch eine Nut 59 als Kavitationsvolumen 50 auf.

Patentansprüche

1. Hochdruckpumpe (100) zum Fördern von unter Hochdruck stehendem Fluid, wobei die Hochdruckpumpe (100) einen volumenveränderbaren Verdichtungsraum (6) und ein Druckventil (101) umfasst, wobei das Druckventil (101) eine an einem Hochdruckventilkolben (40) ausgebildete Ventilfläche (51) und einen an einem Ventilträger (10) ausgebildeten Ventilsitz (15) aufweist, wobei die Ventilfläche (51) mit dem Ventilsitz (15) zusammenwirkt und dadurch eine hydraulische Verbindung von dem Verdichtungsraum (6) zu einer Hochdruckbohrung (9)

öffnet und schließt,

dadurch gekennzeichnet, dass stromaufwärts des Ventilsitzes (15) ein Kavitationsvolumen (50) in dem Hochdruckventilkolben (40) ausgebildet ist, wobei das Kavitationsvolumen (50) eine an dem Hochdruckventilkolben (40) ausgebildete umlaufende Nut (59) umfasst..

2. Hochdruckpumpe (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kavitationsvolumen (50) eine Erweiterung einer im Hochdruckventilkolben (40) ausgebildeten Kolbenbohrung (55) ist, wobei in der Kolbenbohrung (55) ein Saugventilkolben (41) längsbeweglich geführt ist, wobei der Saugventilkolben (41) durch seine Längsbewegung eine weitere hydraulische Verbindung öffnet und schließt.
3. Hochdruckpumpe (100) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Saugventilkolben (41) mit einem an dem Ventilträger (10) ausgebildeten weiteren Ventilsitz (46) zusammenwirkt.
4. Hochdruckpumpe (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kavitationsvolumen (50) ein Sacklochvolumen (56) und Verbindungskanäle (57) umfasst.
5. Hochdruckpumpe (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kavitationsvolumen (50) durch eine durch den Ventilsitz (15) definierte Ebene (E) ragt.

Claims

1. High-pressure pump (100) for conveying highly pressurized fluid, wherein the high-pressure pump (100) comprises a variable-volume compression chamber (6) and a pressure valve (101), wherein the pressure valve (101) has a valve surface (51) formed on a high-pressure valve piston (40) and has a valve seat (15) formed on a valve carrier (10), wherein the valve surface (51) interacts with the valve seat (15) and thus opens and closes a hydraulic connection from the compression chamber (6) to a high-pressure bore (9),
characterized in that a cavitation volume (50) is formed in the high-pressure valve piston (40) upstream of the valve seat (15), wherein the cavitation volume (50) comprises an encircling groove (59) formed on the high-pressure valve piston (40).
2. High-pressure pump (100) according to Claim 1, **characterized in that** the cavitation volume (50) is an extension of a piston bore (55) formed in the high-pressure valve piston (40), wherein a suction valve piston (41) is guided in longitudinally movable fashion in the piston bore (55), wherein the suction valve

piston (41), by way of its longitudinal movement, opens and closes a further hydraulic connection.

3. High-pressure pump (100) according to Claim 2, **characterized in that** the suction valve piston (41) interacts with a further valve seat (46) formed on the valve carrier (10). 5
4. High-pressure pump (100) according to any of Claims 1 to 3, **characterized in that** the cavitation volume (50) comprises a blind hole volume (56) and connecting channels (57). 10
5. High-pressure pump (100) according to any of Claims 1 to 4, **characterized in that** the cavitation volume (50) projects through a plane (E) defined by the valve seat (15). 15

trou borgne (56) et des canaux de liaison (57).

5. Pompe haute pression (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** le volume de cavitation (50) fait saillie à travers un plan (E) défini par le siège de soupape (15).

Revendications

1. Pompe haute pression (100) servant à refouler un fluide sous haute pression, la pompe haute pression (100) comprenant une chambre de compression (6) à volume variable et une soupape de refoulement (101), la soupape de refoulement (101) présentant une surface de soupape (51) réalisée sur un piston de soupape haute pression (40) et un siège de soupape (15) réalisé sur un support de soupape (10), la surface de soupape (51) coopérant avec le siège de soupape (15) et ouvrant et fermant ainsi une liaison hydraulique de la chambre de compression (6) à un alésage haute pression (9), **caractérisée en ce qu'en amont du siège de soupape (15), un volume de cavitation (50) est réalisé dans le piston de soupape haute pression (40), le volume de cavitation (50) comprenant une rainure périphérique (59) réalisée sur le piston de soupape haute pression (40).** 20 25 30 35 40
2. Pompe haute pression (100) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le volume de cavitation (50) est un élargissement d'un alésage de piston (55) réalisé dans le piston de soupape haute pression (40), un piston de soupape d'aspiration (41) étant guidé dans l'alésage de piston (55) de manière mobile dans la direction longitudinale, le piston de soupape d'aspiration (41) ouvrant et fermant une autre liaison hydraulique par son mouvement longitudinal. 45 50
3. Pompe haute pression (100) selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** le piston de soupape d'aspiration (41) coopère avec un autre siège de soupape (46) réalisé sur le support de soupape (10). 55
4. Pompe haute pression (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** le volume de cavitation (50) comprend un volume de

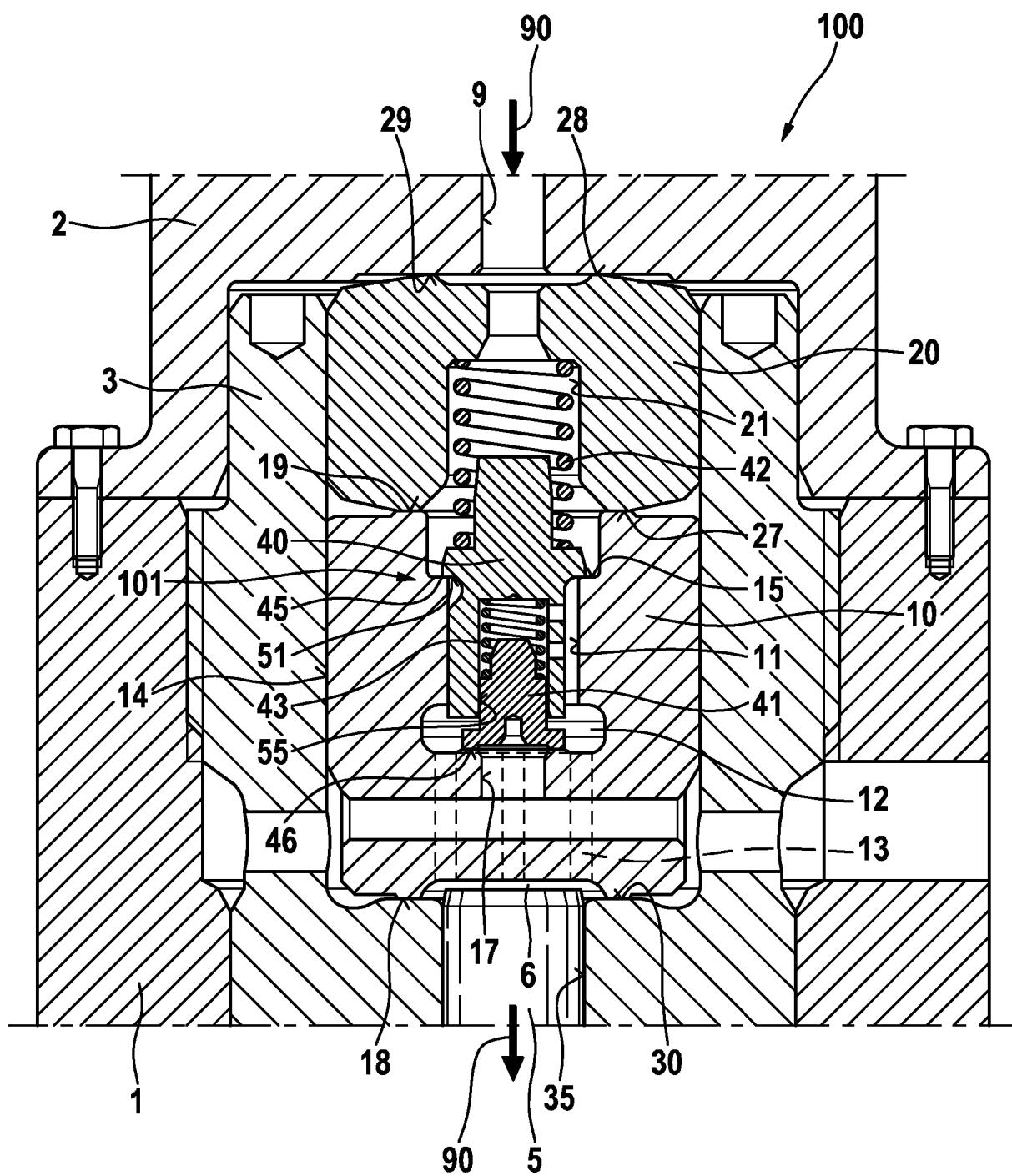


FIG. 1

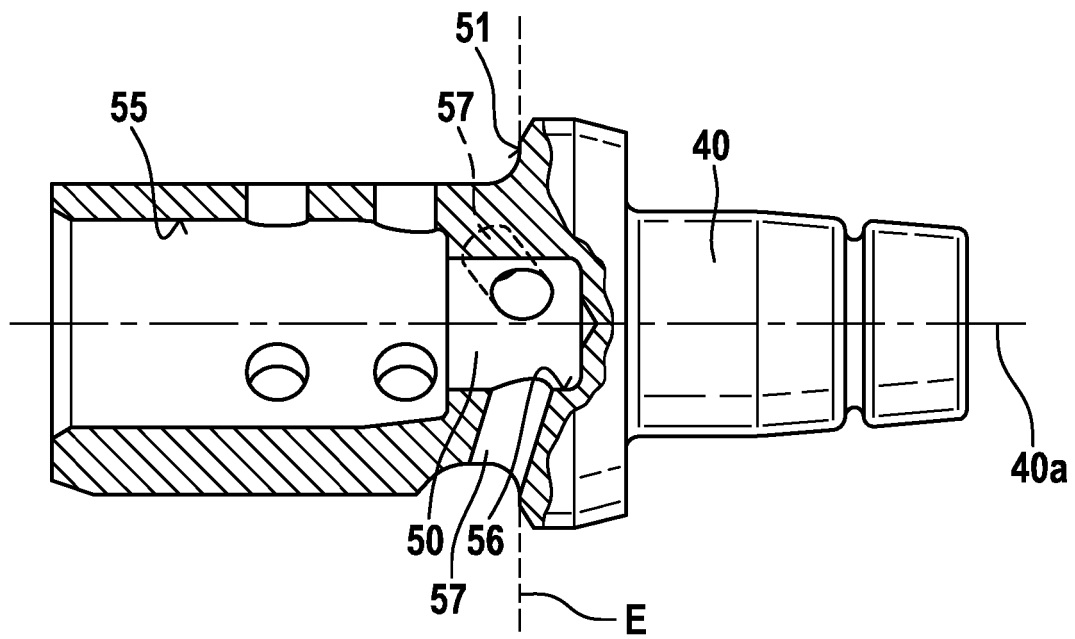


FIG. 2

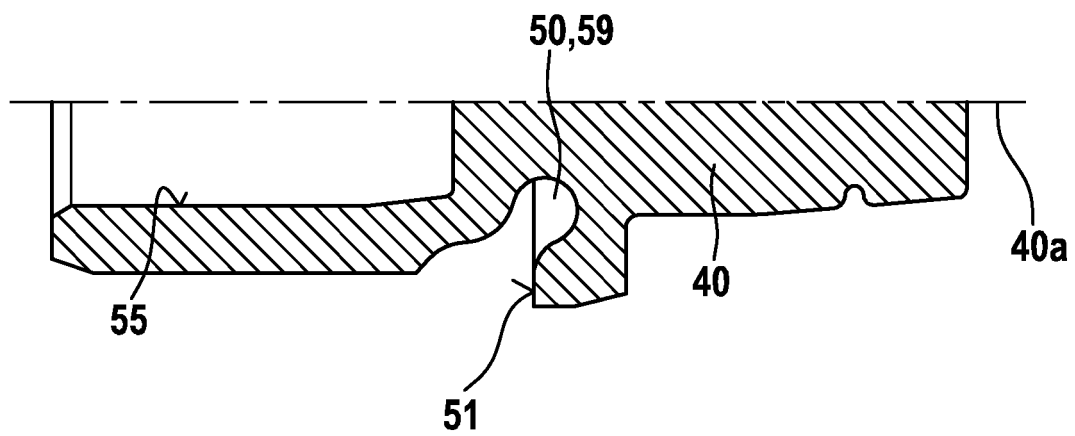


FIG. 3

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

- DE 201410218488 A1 [0002]
- DE 2930499 A1 [0002]
- JP 2003065186 B [0002]