



(11)

EP 2 230 397 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
12.10.2016 Patentblatt 2016/41

(51) Int Cl.:
F02M 55/02 ^(2006.01) **F02M 55/04** ^(2006.01)
F02M 63/02 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10007052.3**

(22) Anmeldetag: **21.08.2003**

(54) **Hochdruckleitung für eine Kraftstoffeinspritzanlage**

High pressure line for fuel injection system

Ligne de haute pression pour système d'injection du carburant

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **25.02.2003 DE 10307871**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.09.2010 Patentblatt 2010/38

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)
nach Art. 76 EPÜ:
03811301.5 / 1 611 342

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**
70469 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder: **Rapp, Holger, Dr.**
71254 Ditzingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-01/42643 FR-A1- 2 786 225
JP-A- H10 213 045

EP 2 230 397 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 Hochdruckleitung für ein Kraftstoffeinspritzsystem für eine Brennkraftmaschine.

[0002] Anhand der Figur 3 wird nachfolgend eine Kraftstoffeinspritzanlage 102 nach dem Stand der Technik einer Brennkraftmaschine erläutert. Die dabei verwendeten Bezugszeichen werden auch bei der Beschreibung der erfindungsgemäßen Hochdruckleitung benutzt.

[0003] Die in Figur 3 dargestellte Kraftstoffeinspritzanlage 102 umfasst einen Kraftstoffbehälter 104 aus dem Kraftstoff 106 durch eine elektrische oder mechanische Kraftstoffpumpe 108 gefördert wird. Über eine Niederdruck-Kraftstoffleitung 110 wird der Kraftstoff 106 zu einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe 111 gefördert. Von der Hochdruck-Kraftstoffpumpe 111 gelangt der Kraftstoff 106 über eine Hochdruck-Kraftstoffleitung 112 zu einem Common-Rail 114. An dem Common-Rail 114 sind mehrere Injektoren 1 angeschlossen, die den Kraftstoff 106 direkt in Brennräume 118 einer nicht dargestellten Brennkraftmaschine einspritzen. Die hydraulische Verbindung zwischen Common-Rail 114 und Injektoren 1 erfolgt über je eine Hochdruckleitung 3.

[0004] Zu Beginn einer Einspritzung von Kraftstoff in einen Brennraum 118 wird der zu dem Brennraum 118 gehörende Injektor 1 geöffnet. Infolgedessen strömt der unter hohem Druck stehende Kraftstoff 106 vom Injektor 1 in den Brennraum 118. Die ausgetretene Kraftstoffmenge strömt in der Folge vom Common-Rail 114 zum Injektor 1 nach.

[0005] Da moderne Injektoren 1, insbesondere piezosteuerte Injektoren, sehr schnell öffnen und schließen, entsteht bei der Betätigung des Injektors 1 eine Druckwelle in der Hochdruckleitung 3, die ausgehend vom Injektor 1 zum Common-Rail 114 läuft. Dort wird die Druckwelle reflektiert und gelangt wieder zum Injektor 1. Je schneller der Injektor 1 öffnet, desto steiler sind die Flanken der Druckwelle. Die Steilheit der Flanken der Druckwelle wird nachfolgend auch als Gradient dp/dt bezeichnet.

[0006] In der Hochdruckleitung 3 und im Injektor 1 wird also unmittelbar nach Beginn einer Einspritzung dem statischen Common-Rail-Druck die Amplitude der zuvor beschriebenen Druckwelle überlagert. In Folge dessen ist der Druck im Injektor 1 nicht konstant, sondern unterliegt erheblichen zeitlichen Schwankungen. Dies gilt insbesondere nicht nur während der Einspritzung selbst, sondern auch für den Zeitraum, der sich an eine Einspritzung anschließt. Da nun die in den Brennraum 118 eingespritzte Kraftstoffmenge unter anderem von dem während der Einspritzung herrschenden Druck im Injektor 1 abhängt, hat die o. g. Druckwelle einen unerwünschten Einfluss auf die Einspritzmenge. Dies gilt zum einen dann, wenn die Einspritzdauer länger als die Laufzeit der Druckwelle durch die Hochdruckleitung ist, insbesondere aber wenn eine durch eine Voreinspritzung ausgelöste und am Common-Rail 114 reflektierte Druckwelle während einer

nachfolgenden Haupteinspritzung im Injektor 1 wirkt. Damit wird aber auch deutlich, dass die während einer Haupteinspritzung eingespritzte Menge in starkem Maße von deren Abstand von einer vorausgegangenen Voreinspritzung abhängt.

[0007] Aus der JP 10213045 A ist eine Hochdruckleitung bekannt, an dessen einem Ende ein umgeformter Kopf ausgebildet ist. Dieser Kopf weist eine Abrundung auf.

[0008] Aus dem Stand der Technik sind nachfolgend beschriebene Anordnungen zum Abbau von Druckwellen in einer Kraftstoffeinspritzanlage 102 bekannt:

In die Hochdruckleitung 3 wird eine Drossel (nicht dargestellt) eingebaut. Dadurch werden zwar die Druckwellen gedämpft; allerdings reduziert die Drossel auch den am Injektor 1 verfügbaren Einspritzdruck, was unerwünscht ist.

[0009] Zusätzlich kann parallel zu der Drossel (nicht dargestellt) ein Rückschlagventil (nicht dargestellt) vorgesehen werden, das in Richtung der Injektors 1 öffnet. Dadurch werden zwar die Drosselverluste vermieden; allerdings ist dadurch die Drossel solange wirkungslos wie Kraftstoff vom Common-Rail 114 zum Injektor 1 strömt; das heißt während der Einspritzung ist diese Anordnung wirkungslos. Ferner ist eine solche Anordnung mit einem Rückschlagventil pro Injektor auch sehr kostenintensiv.

[0010] Aus der DE 100 60 811 A1 ist eine Anordnung bekannt bei der im Injektor 1 ein Dämpfungsraum vorgesehen ist, der über eine Drossel mit der Hochdruckleitung 3 hydraulisch in Verbindung steht.

[0011] Aus FR 2 786 225 A1 ist eine Hochdruckleitung bekannt die einen Hochdruckbereich mit einem Injektor verbindet. Innerhalb der Hochdruckleitung sind Mittel zum Reduzieren von Druckschwankungen vorgesehen.

[0012] Aus WO 01/42643 A1 ist ein Anschlussstutzen bekannt, welcher die Abdichtung zwischen einem Gehäuse, wie z.B. einem Kraftstoffhochdruckspeicher, und einer Hochdruckleitung übernimmt.

[0013] Die Wirkung dieser aus dem Stand der Technik bekannten Maßnahmen zur Reduktion von Druckschwankungen in der Hochdruckleitung sind noch verbesserungsbedürftig, insbesondere weil bei mit zunehmenden Einspritzdrücken und immer schneller ansprechenden Injektoren das oben genannte Problem zunimmt.

Vorteile der Erfindung

[0014] Die Nachteile des Standes der Technik werden erfindungsgemäß durch eine eintellige Hochdruckleitung verbessert, bei der ein Ende der Hochdruckleitung eine Durchmessererweiterung aufweist. Durch diese Maßnahme wird der Druck am Common-Rail nicht an einem Ort vollständig reflektiert, sondern im Bereich des zunehmenden Durchmessers in der Hochdruckleitung wird die Druckwelle bereits partiell gebrochen und reflek-

tiert. Infolgedessen werden die Flanken der reflektierten Druckwelle flacher, das heißt, der Gradient dp/dt nimmt stark ab. Damit werden auch die Druckschwingungen im Bereich des Düsenadelsitzes im Injektor verringert, was zum einen den Einfluss des Abstands zwischen zwei Einspritzungen auf die zweite Einspritzung erheblich reduziert und was zum anderen einen deutlich reduzierten Verschleiß des Düsensitzes zur Folge hat.

[0015] Die Durchmessererweiterung der Hochdruckleitung ist entweder kegelstumpfförmig oder gestuft ausgeführt.

[0016] Erfindungsgemäß sind von dieser Ausgestaltung auch einteilige Hochdruckleitungen erfasst, bei denen ein gesondertes Anschlussstück mit einer Durchmessererweiterung, insbesondere mit einer kegelstumpfförmigen oder konischen Durchmessererweiterung am Common-Rail befestigt werden. Anstelle der konischen Form kann der Durchmesser über die Länge auch in einer nicht linearen Weise zunehmen, was zu einer gekrümmt konischen Innenform führt.

[0017] Wie bereits erwähnt, können die zuvor beschriebenen konstruktiven Merkmale der erfindungsgemäßen Hochdruckleitung miteinander kombiniert werden, um durch die geeignete Auswahl und Dimensionierung der erfindungsgemäßen Hochdruckleitung das Betriebsverhalten eines speziellen Kraftstoffeinspritzsystems zu optimieren.

[0018] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Zeichnung, deren Beschreibung und den Patentansprüchen entnehmbar.

Zeichnung

[0019] Es zeigen:

- Figur 1 eine Hochdruckleitung nach dem Stand der Technik,
- Figur 2 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Hochdruckleitung, und
- Figur 3 eine schematische Darstellung einer Kraftstoffeinspritzanlage.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0020] Anhand der Figur 1, welche eine aus dem Stand der Technik bekannte Hochdruckleitung 3 darstellt, die einen Common-Rail 114 mit einem Injektor 1 hydraulisch verbindet, sollen die bereits mehrfach erwähnte Druckwelle sowie ihr zeitlicher und örtlicher Verlauf in der Hochdruckleitung 3 näher erläutert werden.

[0021] Zu diesem Zweck ist links der Hochdruckleitung 3 ein x-p-Diagramm dargestellt. Dabei stellt x eine Längenkoordinate der Hochdruckleitung 3 dar, deren Nullpunkt an der Verbindung zwischen Injektor 1 und Hochdruckleitung 3 liegt. Die mit "p" bezeichnete Y-Achse des

Diagramms stellt einen Druck $p(x)$ in der Hochdruckleitung 3 dar. Die Hochdruckleitung 3 hat eine Länge L, das heißt, eine vom Injektor 1 ausgehende Druckwelle erreicht den Common-Rail 114, wenn die Ortskoordinate $x = L$ ist und wird dort reflektiert.

[0022] Links der Hochdruckleitung 3 ist ein x-p-Diagramm dargestellt, welches den Druckverlauf in der Hochdruckleitung 3 darstellt, wenn die Druckwelle sich vom Injektor 1 in Richtung des Common-Rails 114 bewegt. Das Diagramm links der Hochdruckleitung 3 zeigt eine Momentaufnahme zu einem Zeitpunkt, in dem sich ein Maximum 5 der Druckwelle zwischen Injektor 1 und Common-Rail 114 befindet. Die Laufrichtung der Druckwelle ist durch einen Pfeil 7 dargestellt. Beim Betrachten des links der Hochdruckleitung 3 dargestellten p-x-Diagramms fällt auf, dass die Druckwelle die Form einer Druckabsenkung gegenüber dem statischen Druck in der Hochdruckleitung 3 hat. Dies ist auch unmittelbar einleuchtend, wenn man sich vor Augen führt, dass durch das Öffnen, insbesondere das schlagartige Öffnen, des Injektors 1 Kraftstoff aus dem Injektor 1 in den Brennraum 118 (siehe Figur 3) eingespritzt wird, so dass ein Druckabbau im Injektor 1 stattfindet. Infolgedessen entsteht eine Druckwelle mit einer negativen Amplitude (Druckabsenkung), die ausgehend von dem Injektor 1 in Richtung des Common-Rails 114 durch die Hochdruckleitung 3 läuft. Die Amplitude der Druckwelle ist in Figur 1 mit "A" bezeichnet.

[0023] Wenn die Druckwelle nun an den Common-Rail 114 gelangt, wirkt der Common-Rail 114 bezüglich der Druckwelle wie ein offenes Ende mit einem statischen Druck. An diesem offenen Ende wird die Druckwelle reflektiert, das heißt sie ändert ihre Laufrichtung und läuft nunmehr vom Common-Rail 114 in Richtung des Injektors 1. Gleichzeitig ändert sich jedoch das Vorzeichen der Amplitude, so dass aus einer Druckabsenkung eine Druckerhöhung wird. Dies ist durch das p-x-Diagramm rechts der Hochdruckleitung 3 angedeutet. Die Richtung des Pfeils 7 hat sich gegenüber der Darstellung auf der linken Seite der Hochdruckleitung 3 umgekehrt. Auch ist aus der Druckabsenkung eine Druckerhöhung geworden, wie der Vergleich der Druckwellen in den p-x-Diagrammen links und rechts der Hochdruckleitung 3 ergibt.

[0024] Wenn nun die reflektierte Druckwelle den Injektor 1 erreicht, ist der Druck im Injektor 1 einer erheblichen Schwankung ausgesetzt. Ausgehend von einem statischen Druck p_{stat} , der in den px-Diagrammen eingezeichnet ist, erhöht sich der Druck im Injektor um die Amplitude A.

[0025] Wenn nun zu dem Zeitraum, zu dem die Druckwelle am Injektor 1 eintrifft und somit der Druck im Injektor zeitlich sehr starken Schwankungen unterliegt, gerade eine Einspritzung erfolgt, hat dies einen unmittelbaren Einfluss auf die eingespritzte Kraftstoffmenge. Infolgedessen verschlechtert sich die Zumessgenauigkeit des Injektors 1 und damit das Emissionsverhalten der Brennkraftmaschine. Die Laufkultur der Brennkraftmaschine kann ebenfalls leiden.

[0026] Ist dagegen der Injektor 1 zu dem Zeitpunkt geschlossen, zu dem die reflektierte Druckwelle ihn erreicht, so stellt er für die Druckwelle ein geschlossenes Ende dar und die Welle wird - diesmal unter Beibehaltung ihrer Amplitude - wieder in Richtung Rail reflektiert. Jetzt endlich bildet sich dann eine nur sehr schwach gedämpfte, stehende Welle in der Leitung aus, der Druck im Injektor 1 schwingt nach einer Einspritzung lange Zeit nach und es entsteht ein erheblicher Einfluss des Abstands zwischen zwei Einspritzungen auf die zweite Einspritzung.

[0027] In dem p-x-Diagramm links der Hochdruckleitung 3 ist ein Gradient dp/dt qualitativ dargestellt. Diese Darstellung ist nicht ganz korrekt, da in einem p-x-Diagramm ein Zeitverlauf des Druckes "p" nicht darstellbar ist; allerdings besteht wegen der konstanten Ausbreitungsgeschwindigkeit der Druckwelle in der Hochdruckleitung 3 ein direkter Zusammenhang zwischen der Steilheit der Flanke der Druckwelle, wie sie im p-x-Diagramm gemäß Figur 1 dargestellt ist und wie sie im Zusammenhang mit der Erfindung definiert ist, nämlich als zeitliche Änderung des Kraftstoffdrucks in der Hochdruckleitung 3, hier auch als Gradient dp/dt bezeichnet.

[0028] In Figur 2 ist ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen einteiligen Hochdruckleitung 3 dargestellt. Die Hochdruckleitung 3 weist einen durchmessererweiterten Bereich 3.4 auf. Bei dem in Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiel ist der durchmessererweiterte Bereich 3.4 konisch ausgeführt, wobei das Ende mit dem größeren Durchmesser in den Common-Rail 114 mündet. Die Erfindung ist jedoch nicht auf konische Durchmessererweiterungen beschränkt, sondern kann auch beispielsweise stufenförmige Durchmessererweiterungen umfassen. Ein wichtiger Effekt dieses durchmessererweiterten Bereichs 3.4 ist, dass die ankommende Druckwelle nicht schlagartig am Ende der Leitung reflektiert wird, sondern dass sie über den gesamten durchmessererweiterten Bereich 3.4 teilweise reflektiert wird. Der Rest der Druckwelle, welcher den Common-Rail 114 erreicht, wird dort in der zuvor beschriebenen Weise reflektiert und ändert sein Vorzeichen. Durch die teilweise Reflexion der Druckwelle im durchmessererweiterten Bereich 3.4 findet dort unmittelbar ein "Verschleifen" der Druckwellenkontur statt, was sich in einer Absenkung der Amplitude der reflektierten Welle (siehe das p-x-Diagramm ganz links in Figur 2) und insbesondere in einer wesentlich flacheren Flanke dp/dt der reflektierten Druckwelle äußert. Im Ergebnis sind somit die Druckschwankungen innerhalb des Injektors 7 aufgrund der reflektierten Druckwelle geringer und erstrecken sich über einen längeren Zeitraum.

[0029] Im Ergebnis wird somit der Einfluss des Abstands zwischen zwei Einspritzungen auf deren zweite erheblich verringert und es wird damit die Genauigkeit der Zumessung der Einspritzmengen erhöht.

Patentansprüche

1. Hochdruckleitung (3) für ein Kraftstoffeinspritzsystem für eine Brennkraftmaschine, wobei die Hochdruckleitung (3) einen Common-Rail (114) und einen Injektor (1) verbindet, wobei ein Ende der Hochdruckleitung (3) eine Durchmessererweiterung (3.4) aufweist und der Durchmesser der Hochdruckleitung (3) im Bereich der Durchmessererweiterung (3.4) stetig zunimmt, wobei das Ende mit dem größeren Durchmesser in den Common Rail (114) mündet, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Durchmessererweiterung (3.4) kugelstumpfförmig oder stufenförmig zunimmt.
2. Hochdruckleitung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hochdruckleitung (3) einteilig ist und ein gesondertes Anschlussstück mit einer Durchmessererweiterung (3,4), insbesondere mit einer kegelstumpfförmigen oder konischen Durchmessererweiterung, erfasst, und dass das gesonderte Anschlussstück am Common-Rail (114) befestigt wird.
3. Kraftstoffeinspritzanlage (102) für eine Brennkraftmaschine mit einem Common-Rail (114) und einem Injektor (1) je Zylinder der Brennkraftmaschine und mit einer Common-Rail (114) und Injektor (1) hydraulisch verbindenden Hochdruckleitung (3), **dadurch gekennzeichnet dass** die Hochdruckleitung (3) eine Hochdruckleitung (3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche ist.

Claims

1. High-pressure line (3) for a fuel injection system for an internal combustion engine, wherein the high-pressure line (3) connects a common rail (114) and an injector (1), wherein one end of the high-pressure line (3) has a diameter widening (3.4) and the diameter of the high-pressure line increases in continuous fashion in the region of the diameter widening (3.4), wherein the end with the relatively large diameter opens into the common rail (114), **characterized in that** the diameter widening (3.4) increases in size in frustoconical or stepped fashion.
2. High-pressure line according to Claim 1, **characterized in that** the high-pressure line (3) is of unipartite form and encompasses a separate attachment piece with a diameter widening (3, 4), in particular with a frustoconical or conical diameter widening, and **in that** the separate attachment piece is fastened to the common rail (114).
3. Fuel injection system (102) for an internal combustion engine, having a common rail (114) and having

one injector (1) per cylinder of the internal combustion engine, and having a high-pressure line (3) which hydraulically connects common rail (114) and injector (1), **characterized in that** the high-pressure line (3) is a high-pressure line (3) according to one of the preceding claims. 5

Revendications

1. Conduite haute pression (3) pour un système d'injection de carburant pour un moteur à combustion interne, la conduite haute pression (3) reliant une rampe commune (114) et un injecteur (1), une extrémité de la conduite haute pression (3) présentant un élargissement de diamètre (3.4) et le diamètre de la conduite haute pression (3) augmentant en continu dans la région de l'élargissement de diamètre (3.4), l'extrémité ayant le plus grand diamètre débouchant dans la rampe commune (114), **caractérisée en ce que** l'élargissement de diamètre (3.4) augmente sous forme tronconique ou sous forme étagée. 10 15 20
2. Conduite haute pression selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la conduite haute pression (3) est réalisée d'une seule pièce et reçoit une pièce de raccordement séparée avec un élargissement de diamètre (3,4), en particulier avec un élargissement de diamètre de forme tronconique ou conique et **en ce que** la pièce de raccordement séparée est fixée à la rampe commune (114). 25 30
3. Installation d'injection de carburant (102) pour un moteur à combustion interne comprenant une rampe commune (114) et un injecteur (1) par cylindre du moteur à combustion interne et avec une conduite haute pression (3) reliant hydrauliquement la rampe commune (114) et l'injecteur (1), **caractérisée en ce que** la conduite haute pression (3) est une conduite haute pression (3) selon l'une quelconque des revendications précédentes. 35 40 45 50 55

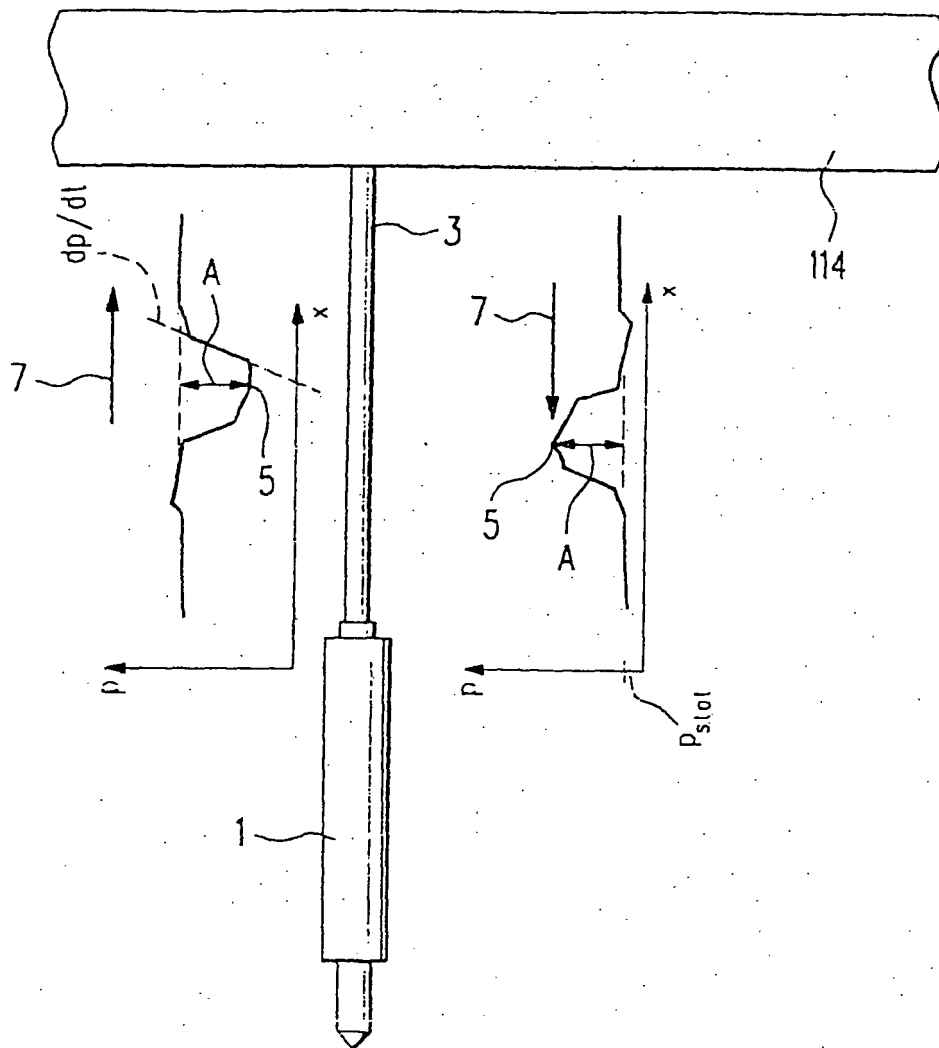
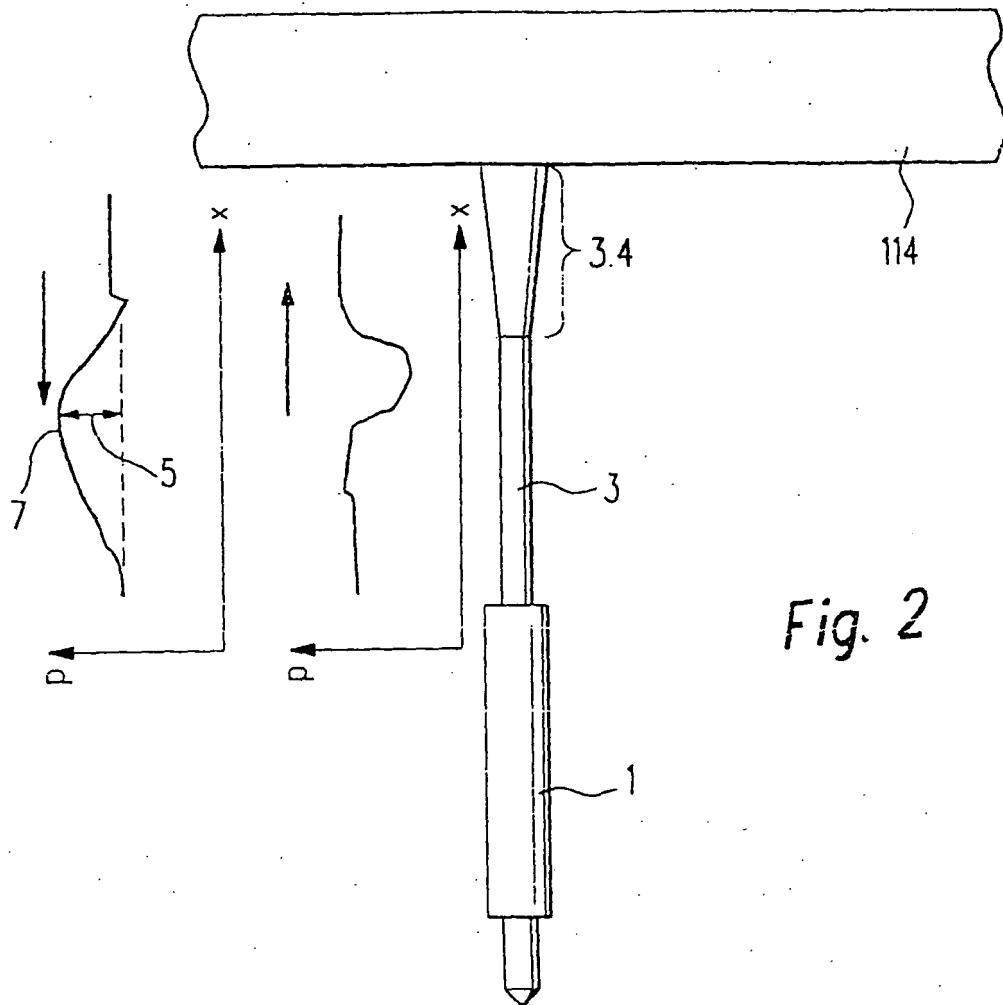


Fig. 1



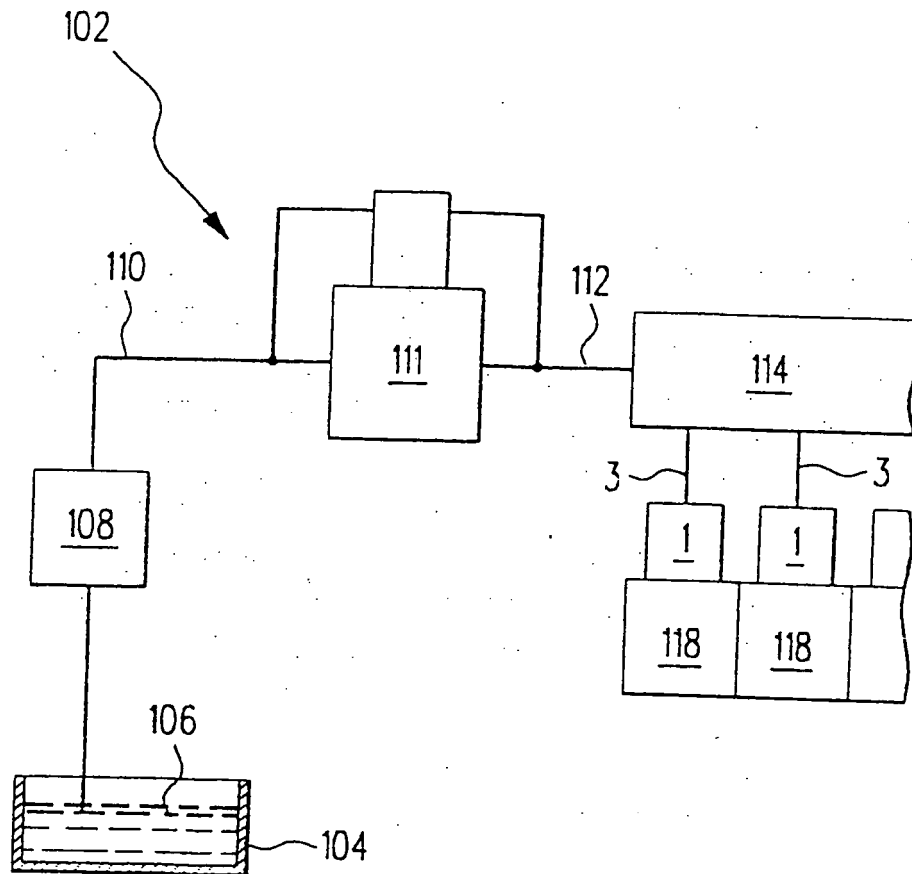


Fig. 3

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

- JP 10213045 A [0007]
- DE 10060811 A1 [0010]
- FR 2786225 A1 [0011]
- WO 0142643 A1 [0012]