

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 245 291 A2

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
02.10.2002 Patentblatt 2002/40

(51) Int Cl.7: **B05B 5/04**

(21) Anmeldenummer: 02006090.1

(22) Anmeldetag: 18.03.2002

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

- Krumma, Harry  
74357 Bönningheim (DE)
- Herre, Frank  
71739 Oberriexingen (DE)
- Baumann, Michael  
74223 Flein (DE)
- Giuliano, Stefano  
70839 Gerlingen (DE)
- Poppe, Siegfried  
71706 Unterriexingen (DE)

(30) Priorität: 29.03.2001 DE 10115472  
14.12.2001 DE 10161549

(71) Anmelder: Dürr Systems GmbH  
70435 Stuttgart (DE)

(74) Vertreter: Heusler, Wolfgang, Dipl.-Ing.  
v. Bezold & Sozien  
Patentanwälte  
Akademiestrasse 7  
80799 München (DE)

(72) Erfinder:  
• Nolte, Hans-Jürgen, Dr.  
70565 Stuttgart (DE)

(54) **Ventileinheit für eine elektrostatische Beschichtungsanlage**

(57) Das Hauptnadelventil eines elektrostatischen Zerstäubers hat zur potentialfreien Schaltstellungsabfrage eine opto-elektronische Sensoreinrichtung mit

Lichtwellenleitern (20, 21), deren Stirnflächen einem reflektierenden Element (12) eines mit der Ventilonadel (1) verschiebbaren Baugliedes (10) gegenüberstehen.

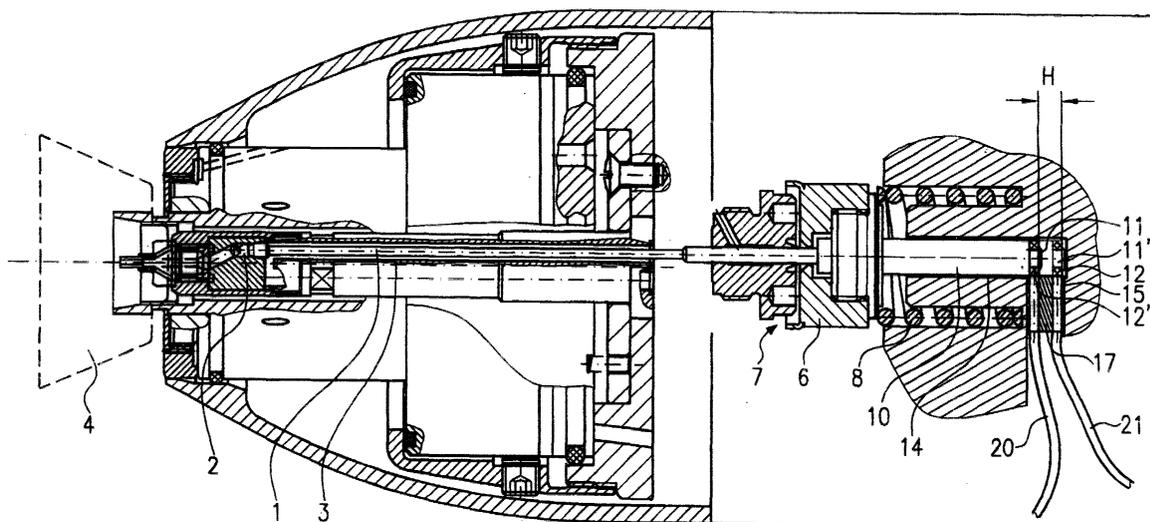


FIG. 1

EP 1 245 291 A2

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Ventileinheit gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 insbesondere für einen im Betrieb unter Hochspannung stehenden Zerstäuber für die Serienbeschichtung beispielsweise von Fahrzeugkarossen.

**[0002]** In bekannten elektrostatischen Rotations- oder Luftzerstäubern dieser Art (DE 4306800 A bzw. Dürr/Behr "EcoGun ESTA") wird die Farbleitung am Eintritt in das Zerstäubungsorgan mit einem Farbnadelventil geöffnet und geschlossen, dem sogenannten Hauptnadelventil, dessen Ventilnadel von dem Kolben eines pneumatischen Ventiltriebs unter Steuerung durch das übergeordnete Programmsteuersystem der Beschichtungsanlage aus der Schließstellung gegen die Kraft einer Rückstellfeder in die Öffnungsstellung gezogen wird.

**[0003]** Für die übergeordnete Anlagensteuerung ist eine Rückmeldung mindestens einer und vorzugsweise beider Schaltstellungen des Haupt- oder Farbnadelventils erwünscht. Beispielsweise bei nicht elektrostatischen Luftzerstäubern war es möglich und üblich, die gewünschten Schaltstellungssignale mit am Ventiltrieb angebrachten Hallensoren oder induktiven Sensoren zu erzeugen. Diese elektrischen Sensoren können aber nicht in elektrostatischen Zerstäubern verwendet werden, die während des Betriebes unter Hochspannung stehen. Obwohl auch hier eine Schaltstellungsabfrage wichtig wäre, gab es dafür bisher keine realisierbare Möglichkeit.

**[0004]** Die Erfassung der Schaltstellung einer Ventilnadel zur Steuerung des Farbflusses erfolgt einerseits zur Überwachung der Schaltfunktion durch Rückmeldung und andererseits auch zur Ventilsteuerung. Durch die Erfassung der Zeit zwischen dem Ansteuersignal einer Ventilnadel und der Rückmeldung der Schaltstellungsänderung und dem Vergleich mit einem vorgegebenen Sollwert können betriebsbedingte Abweichungen (z.B. durch Bauteilverschleiß) erkannt und steuerungstechnisch kompensiert werden. Dadurch ist besonders bei Lackierrobotern, die mit hohen Lackiergeschwindigkeiten und häufigem Ein-/Ausschalten von Ventilen arbeiten, eine bessere Konstanz der Prozeßabläufe möglich.

**[0005]** Es gibt zwar auch pneumatische Sensoren zur Abfrage der Schaltstellung von Ventilen, die aber für die hier betrachteten dynamischen Prozesse zu langsam sind.

**[0006]** Der Erfindung liegt demgemäß die Aufgabe zugrunde, eine Ventileinheit anzugeben, deren Schaltstellung auch unter Hochspannung möglichst verzögerungsfrei abfragbar ist.

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Patentansprüche gelöst.

**[0008]** Durch die Erfindung wird eine potentialfreie und deshalb auch für elektrostatische Zerstäuber geeignete Schaltstellungssignalisierung beispielsweise zur Hauptnadelabfrage ermöglicht. Auch die Schaltstellung anderer in einem elektrostatischen Zerstäuber oder in sonstigen unter Hochspannung stehenden Bestandteilen einer Beschichtungsanlage befindlicher Ventile kann in der hier beschriebenen Weise abgefragt werden. Bei dem Ventil kann es sich beispielsweise auch um ein Membranventil handeln.

**[0009]** An dem in der Zeichnung als Ausführungsbeispiel dargestellten elektrostatischen Rotationszerstäuber für Direktaufladung des Beschichtungsmaterials wird die Erfindung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 den Rotationszerstäuber mit der Ventileinheit; und

Fig. 2 und Fig. 3 zwei abgewandelte Ausführungsformen.

**[0010]** Der in Fig. 1 dargestellte Zerstäuber hat das übliche Hauptnadelventil mit der Ventilnadel 1 zum Öffnen und Schließen des in der Zerstäuberglocke 4 mündenden Farbkanals 2. Die Ventilnadel ist längs ihrer Achse in dem den Farbkanal 2 enthaltenden koaxialen Farbrohr 3 verschiebbar. Für die Ventilbetätigung ist ein pneumatischer Ventiltrieb mit einem Kolben 6 vorgesehen, der zum Öffnen des Hauptnadelventils bei 7 mit Druckluft beaufschlagt wird und infolgedessen die an ihm befestigte Ventilnadel 1 gegen die Kraft einer auf seiner Rückseite angreifenden Druckfeder 8 in der Zeichnung nach rechts in die von der Zerstäuberglocke 4 abgewandte Richtung zieht. Insoweit ist der Zerstäuber an sich bekannt. Im Betrieb kann das gesamte Farbleitungssystem des Zerstäubers auf einem Hochspannungspotential in der Größenordnung von beispielsweise 100 kV liegen.

**[0011]** Auf seiner der Ventilnadel 1 abgewandten Rückseite ist an den Kolben 6 ein Stößel- oder Schaftglied 10 angesetzt, das achsgleich mit der Ventilnadel 1 beispielsweise innerhalb der Druckfeder 8 angeordnet sein kann. Zweckmäßig am Umfang seines dem Kolben 6 abgewandten Endteils 11 hat das Schaftglied 10 darstellungsgemäß ein optisch reflektierendes Flächenelement 12. Die reflektierende Oberfläche des Elementes 12 kann eben sein und sich um den gesamten Umfang des im Querschnitt beispielsweise viereckigen Endteils des Schaftes erstrecken.

**[0012]** Das mit dem reflektierenden Element 12 versehene Endteil 11 ist in der Zeichnung in den beiden Schaltstellungen des Hauptnadelventils dargestellt. Bei 11, 12 sind sie in der (linken) Schließstellung zu sehen, bei 11', 12' in ihrer (rechten) Ventilöffnungsstellung. Der Nadelhub H zwischen diesen beiden Schaltstellungen kann beispielsweise etwa 5 mm betragen.

**[0013]** Der Schaft 10 ist in einer zu der Nadelachse koaxialen Ausnehmung 14 des Ventilgehäuses verschiebbar, in die eine radial, also quer zur Nadelachse durch das Gehäuse verlaufende Öffnung 15 führt. In der Öffnung 15 sitzt ein

Halte- und Positionierungskörper 17 für zwei Lichtwellenleitereinheiten 20 und 21, deren optische Stirnflächen mit der Innenwand der Ausnehmung 14 fluchtend an den beiden Stellen liegen, an denen sich das reflektierende Element 12, 12' bei den beiden Schaltstellungen befindet. Das reflektierende Element liegt also bei geschlossenem Hauptnadelventil eng angrenzend der Stirnfläche der Lichtwellenleitereinheit 20 und bei geöffnetem Ventil der Stirnfläche der Einheit 21 gegenüber. Der gegenseitige Abstand der Mittelachsen der Einheiten 20, 21 entspricht dem Ventilmadelhub H. Infolgedessen können die beiden Schaltstellungen durch Lichtsignale gemeldet werden, die entstehen, wenn Licht durch die betreffende Lichtwellenleitereinheit von außen zugeführt, von dem Element 11, 11' reflektiert und durch die

selbe Lichtwellenleitereinheit (oder eventuell einen anderen Lichtwellenleiter) zu einem opto-elektronischen Sensor (nicht dargestellt) zurückgeleitet wird, der sich außerhalb des Hochspannungsbereichs befinden kann.

**[0014]** Für den beschriebenen Zweck geeignete Lichtwellenleiter-Sensorsysteme sind an sich bekannt und bedürfen keiner weiteren Beschreibung.

**[0015]** Statt der dargestellten Anordnung des reflektierenden Flächenelements 12 auf verschiedenen oder allen Umfangsteilen am Ende des Schaftgliedes 10, die beliebige Drehstellungen des Schaftes bezüglich der Lichtwellenleiter 20, 21 erlaubt, genügt an sich eine reflektierende Fläche nur an dem den Lichtwellenleitern zugewandten Umfangsteil.

**[0016]** Die Schaltstellungsabfrage kann auch an anderen Stellen der Ventilmadel selbst oder eines mit ihr verschiebbaren Baugliedes erfolgen.

**[0017]** Ferner kann in manchen Fällen eine einzige Lichtwellenleitereinheit zur Abfrage nur einer der beiden Schaltstellungen genügen.

**[0018]** Statt der radialen Anordnung der Lichtwellenleiter des dargestellten Ausführungsbeispiels ist es auch möglich, einen Lichtwellenleiter axial längs des Schaftgliedes anzuordnen, dessen Schaltstellung durch unterschiedlich starke Reflexion erkannt wird.

**[0019]** Eine andere Abwandlungsmöglichkeit ist die Anordnung mindestens einer opto-elektronischen Lichtschranke beispielsweise an dem Schaftglied 10 zur potentialfreien Abfrage einer oder beider Schaltstellungen. Fig. 2 zeigt eine Ausführung mit zwei radial auf entgegengesetzten Seiten des Schaftgliedes miteinander fluchtend angeordneten Lichtwellenleitern LWL1 und LWL2. In der dargestellten Schaltstellung kann der Leiter LWL2 vom Leiter LWL1 gesendete Lichtimpulse zu dem opto-elektronischen Wandler leiten, während in der anderen Stellung das Schaftgliedende die Lichtschranke schließt. Bei der Ausführungsform nach Fig. 3 können dagegen beide Schaltstellungen aktiv abgefragt werden, da hier eine radial durch das Schaftglied führende, jeweils zwischen zwei miteinander fluchtende Lichtwellenleitern LWL1, LWL2 bzw. LWL1', LWL2' positionierte Bohrung 30 vorhanden ist.

**[0020]** Gemäß einer weiteren (nicht dargestellten) Möglichkeit kann das in der Zeichnung dargestellte Hauptnadelventil dahingehend abgewandelt werden, dass an oder in dem verschiebbaren Schaftglied 10 mindestens ein magnetisch wirksames Gebererelement angeordnet ist, z.B. anstelle des reflektierenden Elements 12 in Fig. 1 oder der Bohrung 30 in Fig. 3. Als zur Abfrage der Schaltstellung an dem verschiebbaren Schaftglied angeordnete Sensoreinrichtung dient bei dieser Abwandlung mindestens ein den magneto-optischen Faraday-Effekt oder Kerr-Effekt nutzendes Sensorelement, das eine optische Polarisierungseinrichtung mit einem Analysator enthält. Das Gebererelement kann ein Dauermagnet sein, oder auch ein Element aus Eisen oder sonstigem Werkstoff mit ferromagnetischen Eigenschaften, mit dem das Magnetfeld eines in dem Sensorelement enthaltenen Magnetelements veränderbar ist. Durch Annäherung des sich mit dem Schaftglied 10 verschiebenden Gebererelements kann die Polarisationsrichtung von durch die Polarisierungseinrichtung geleitetem Licht in dem Sensorelement zur Erzeugung eines Lichtsignals gedreht werden. Eine an die Polarisierungseinrichtung angeschlossene Lichtwellenleiteranordnung führt zu einer entfernten, außerhalb des Hochspannungsbereichs befindlichen elektronischen Einrichtung zur Erzeugung eines dem Lichtsignal entsprechenden elektrischen Signals. Das Sensorelement kann einen Reflektor enthalten, der das von der Polarisierungseinrichtung kommende Licht zu dem Analysator zurückleitet, wobei sich zwischen der Polarisierungseinrichtung und dem Reflektor ein Brechungselement (Faraday-Effekt-Element) oder ein Prisma befindet und an die Polarisierungseinrichtung ein Lichtleiter für das dem Sensorelement zugeführte Licht und an den Analysator ein Lichtleiter für das der entfernten elektronischen Einrichtung zugeführte Licht angeschlossen sind. Derartige optische Sensoren sind an sich bekannt und im Handel erhältlich. Im hier beschriebenen Fall haben sie aber den besonderen und überraschenden Vorteil, dass sie problemlos unter Hochspannung arbeiten können. Je nach Zweckmäßigkeit können hierbei ein oder zwei Sensoren z.B. an den Stellen der Lichtwellenleiter 20 und/oder 21 in Fig. 1 angeordnet sein.

**[0021]** Insbesondere wenn an dem verschiebbaren Schaftglied 10 nur ein Lichtwellenleitereinheit angeordnet werden und beispielsweise der zweite Lichtwellenleiter 21 in Fig. 1 oder die zweite Einheit mit den Lichtwellenleitern LWL1', LWL2' in Fig. 3 eingespart werden sollen, kann es zweckmäßig sein, dass an dem verschiebbaren Schaftglied 10 zwei in der Verschiebungsrichtung voneinander beabstandete Signalerzeugungselemente vorgesehen sind, von denen das erste Element ein Binärsignal der Sensoreinrichtung auslöst, wenn sich die Ventilmadel 1 in ihrer einen Schaltstellung befindet, während das zweite Signalerzeugungselement ein Binärsignal der Sensoreinrichtung auslöst, wenn sich die Ventilmadel 1 in ihrer anderen Schaltstellung befindet. Entsprechend Fig. 1 bzw. Fig. 3 können die beiden Signalerzeugungselemente durch reflektierende Flächen gebildet sein, zwischen denen sich eine nicht oder weniger reflektierende Fläche befindet, bzw. durch beabstandete Lichtschrankenöffnungen. Auch eine Ausführungsform mit zwei im

Schaftglied 10 beabstandeten Dauermagneten oder magnetisch wirksamen Geberelementen für das oben beschriebene Faraday-Effekt oder Kerr-Effekt-Sensorsystem ist möglich.

[0022] Die von dem Sensor bei den beiden Schaltstellungen jeweils ausgelösten Binärsignale haben zweckmäßig denselben Binärwert. Die Binärsignale werden von der elektronischen Sensoreinrichtung erzeugt, die sich an einer von dem Ventil entfernten Stelle außerhalb des Hochspannungsbereiches befindet und mit der Ventileinheit über die Lichtwellenleiteranordnung verbunden ist. Wenn das Schaftglied 10 zwischen seinen beiden Stellungen verschoben wird, ändert sich das Sensorsignal aufgrund des zwischen den beiden Signalerzeugungselementen liegenden Bereiches zunächst in den entgegengesetzten Binärwert, bevor bei Erreichen der anderen Ventilstellung wieder der erste Binärwert erzeugt wird. Mit Hilfe einer elektronischen Kontrolleinrichtung kann festgestellt werden, ob beispielsweise nach Erzeugen eines Steuersignals zum Umschalten des Ventils (und nach dem Verschwinden des ersten Binärwerts) innerhalb einer vorgeschriebenen Zeit erneut der erste Binärwert als Meldung der anderen Ventilstellung erzeugt wird. Ist das nicht der Fall, liegt eine Störung vor, die durch ein Alarmsignal gemeldet wird.

## Patentansprüche

1. Ventileinheit für eine elektrostatische Anlage zur Serienbeschichtung von Werkstücken mit einem ferngesteuert umschaltbaren Ventil, dessen bewegbares Ventilglied (1) zwischen zwei Schaltstellungen verschiebbar ist und in der einen Schaltstellung den Weg für ein durch das Ventil fließendes Medium freigibt, während das Ventil geschlossen ist, wenn sich das Ventilglied (1) in seiner anderen Schaltstellung befindet, insbesondere für einen im Betrieb unter Hochspannung stehenden Zerstäuber, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Abfrage der Schaltstellung des Ventils und zur Erzeugung eines entsprechenden Abfragesignals eine opto-elektronische Sensoreinrichtung mit mindestens einem Lichtwellenleiter (20, 21) an einem mit dem Ventilglied (1) verschiebbaren oder einen Teil des Ventilglieds bildenden Bauglied (10) vorgesehen ist.
2. Ventileinheit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das verschiebbare Bauglied (10) mindestens eine optisch reflektierende Fläche (12) hat, die der Sensorfläche des Lichtwellenleiters (20, 21) gegenübersteht, wenn sich das Ventilglied (1) in seiner zu meldenden Schaltstellung befindet.
3. Ventileinheit nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** für jede der Schaltstellungen je eine opto-elektronische Sensoreinrichtung mit jeweils mindestens einem Lichtwellenleiter (20, 21) vorgesehen ist.
4. Ventileinheit nach einem der Ansprüche 1 - 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** das bewegbare Ventilglied (1) die Ventilmadel eines Nadelventils ist.
5. Ventileinheit nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** das verschiebbare Bauglied (10) ein mit der Ventilmadel (1) achsgleich an den Kolben (6) des pneumatischen Ventiltriebes angesetztes Schaftglied ist, das in einer Ausnehmung (14) des Ventilgehäuses verschiebbar ist, in die eine bezüglich der Nadelachse radiale Öffnung (15) für den oder die Lichtwellenleiter (20, 21) führt.
6. , Ventileinheit nach einem der Ansprüche 1 - 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** das bewegbare Ventilglied mit der Membran eines Membranventils verbunden ist.
7. Ventileinheit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Lichtwellenleiter (LWL1, LWL2) mindestens eine Lichtschranke für das Bauglied (10) bilden.
8. Ventileinheit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** an oder in dem verschiebbaren Bauglied (10) ein magnetisch wirksames Geberelement angeordnet ist, dass ein Sensorelement vorgesehen ist, das eine optische Polarisierungseinrichtung enthält, dass durch Annäherung des Geberelements die Polarisierung von durch die Polarisierungseinrichtung geleitetem Licht in dem Sensorelement magnetooptisch zur Erzeugung eines Lichtsignals verändert wird, und dass an die Polarisierungseinrichtung eine Lichtwellenleiteranordnung angeschlossen ist, die zu einer entfernten elektronischen Einrichtung zur Erzeugung eines dem Lichtsignal entsprechenden elektrischen Signals führt.
9. Ventileinheit nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sensorelement einen Reflektor enthält, der das von der Polarisierungseinrichtung kommende Licht zu einem Analysator der Polarisierungseinrichtung zurückleitet, wobei sich zwischen der Polarisierungseinrichtung und dem Reflektor ein die Polarisierungsrichtung drehendes

Brechungselement oder Prisma befindet, und dass an die Polarisierungseinrichtung ein Lichtleiter für das dem Sensorelement zugeführte Licht und ein Lichtleiter für das der elektronischen Einrichtung zugeführte Licht angeschlossen sind.

- 5
10. Ventileinheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem verschiebbaren Bauglied (10) zwei in der Verschiebungsrichtung voneinander beabstandete Signalerzeugungselemente vorgesehen sind, von denen das erste Element ein Binärsignal der Sensoreinrichtung auslöst, wenn sich das Ventilglied (1) in seiner einen Schaltstellung befindet, während das zweite Signalerzeugungselement ein Binärsignal der Sensoreinrichtung auslöst, wenn sich das Ventilglied (1) in seiner anderen Schaltstellung befindet.
- 10
11. Ventileinheit nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Signalerzeugungselemente des verschiebbaren Baugliedes (10) durch optisch reflektierende Flächen gebildet sind.
- 15
12. Ventileinheit nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Signalerzeugungselemente durch Lichtschrankenöffnungen gebildet sind.
- 20
13. Ventileinheit nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Binärsignale denselben Binärwert haben, und dass das Sensorsignal der Sensoreinrichtung auf den entgegengesetzten Binärwert umgeschaltet wird, wenn das verschiebbare Bauglied (10) zwischen seinen beiden Stellungen verschoben wird.
- 25
14. Ventileinheit nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **gekennzeichnet durch** eine elektronische Kontrolleinrichtung, mit der festgestellt wird, ob das Binärsignal innerhalb einer vorgegebenen Zeit nach dem Erzeugen eines Steuerungssignals zum Umschalten des Ventils erscheint, und dass andernfalls ein Alarmsignal erzeugt wird.

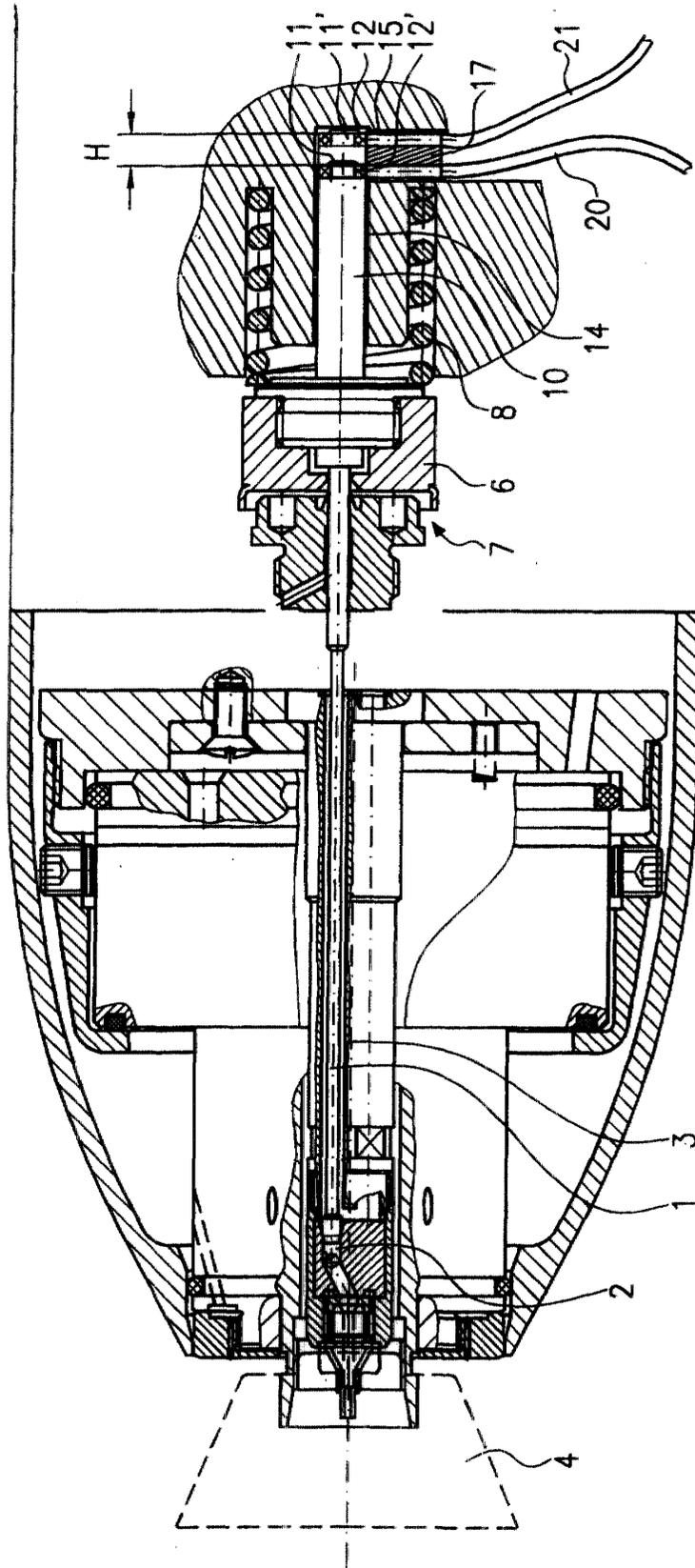


FIG. 1

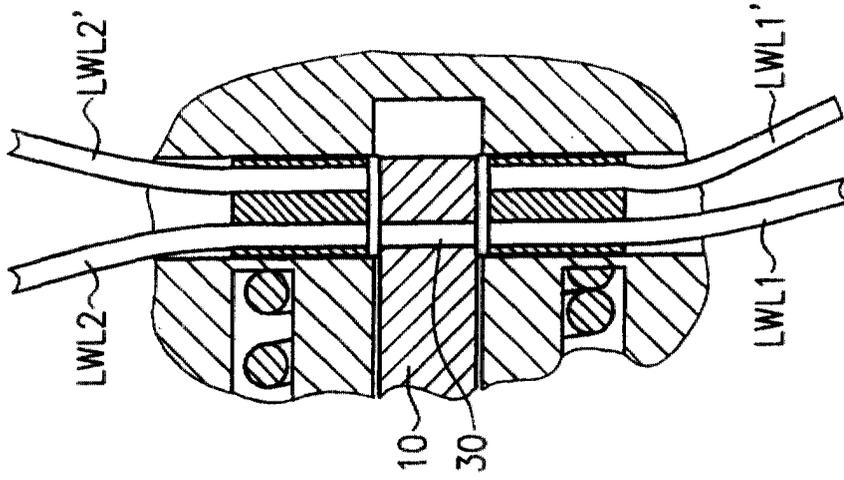


FIG. 3

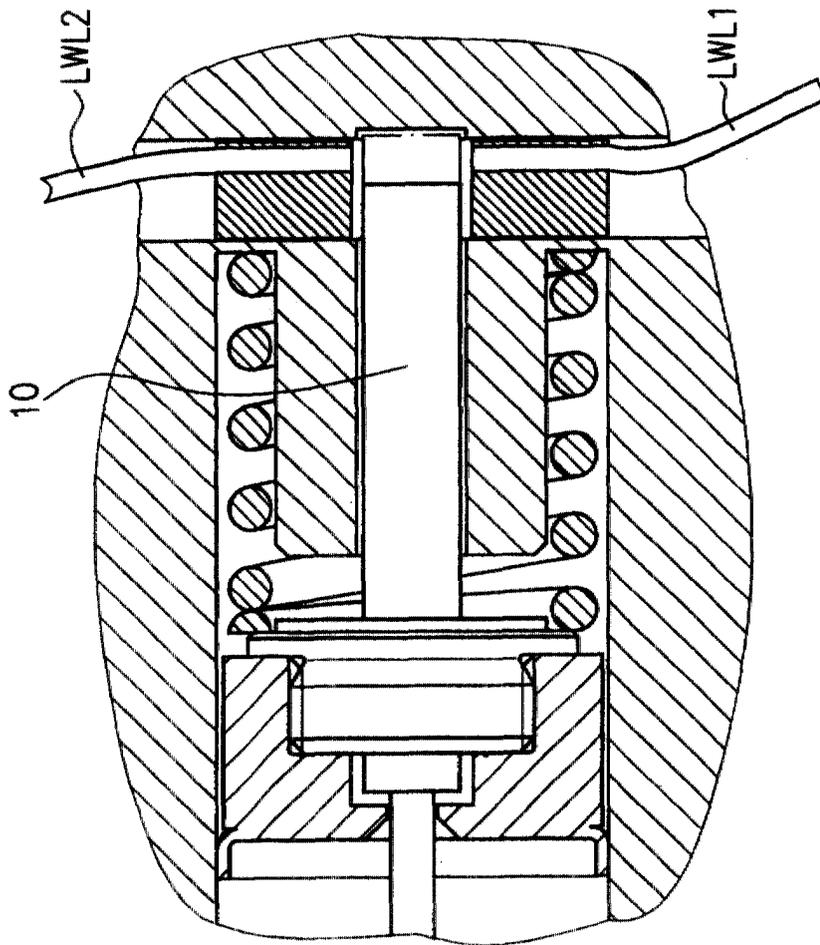


FIG. 2