

PATENTSCHRIFT

(12)

(21) Anmeldenummer: 1657/96

(51) Int.Cl.⁶ : G01N 3/30

(22) Anmeldetag: 19. 9.1996

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 7.1998

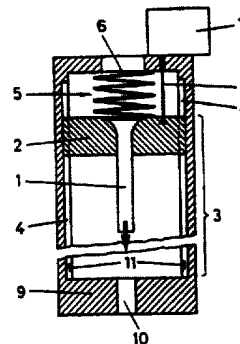
(45) Ausgabetag: 25. 3.1999

(73) Patentinhaber:

FISCHER FRANZ DIETER DIPL.ING. DR.TECHN.
A-8700 LEOBEN, STEIERMARK (AT).
DANZER ROBERT MAG. DR.
A-8700 LEOBEN, STEIERMARK (AT).

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR PRÜFUNG DER ZUGFESTIGKEIT EINES SPRÖDEN, STABFÖRMIGEN PRÜFLINGS

- (57) Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Prüfung der Zugfestigkeit eines spröden, stabförmigen Prüflings (1) beschrieben, in dem mittels einer axialen, stoßartigen Belastung eine sich in Längsrichtung des Prüflings (1) fort-pflanzende Zugspannungswelle erzeugt wird. Um vorteil-hafte Prüfbedingungen zu schaffen, wird vorgeschlagen, daß der lediglich an einem Ende in einen Aufnahmekopf (2) eingesetzte und mit seinem anderen Ende frei aus dem Auf-nahmekopf (2) vorragende Prüfling (1) durch eine stoßartige Axialbelastung des Aufnahmekopfes (2) von der dem freien Ende des Prüflings (1) zugekehrten Seite her einer schlag-artigen Geschwindigkeitsänderung unterworfen wird, wobei die Geschwindigkeitsdifferenz des Prüflings (1) vor und nach der schlagartigen Belastung als Maß für die Größe der erzeugten Zugspannungswelle bestimmt wird.



Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Prüfung der Zugfestigkeit eines spröden, stabförmigen Prüflings, in dem mittels einer axialen, stoßartigen Belastung eine sich in Längsrichtung des Prüflings fortpflanzende Zugspannungswelle erzeugt wird, sowie auf eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

5 Bei herkömmlichen Zugversuchen wird der stabförmige Prüfling in einer Prüfvorrichtung über seine eingespannten Enden auf Zug beansprucht, wobei bereits geringe Einspannungsfehler zu erheblichen, im allgemeinen nicht bekannten Spannungen führen können, die bei spröden Werkstoffen nicht durch ein ausreichend plastisches Fließen abgebaut werden und folglich das Meßergebnis fälschen.

Um den Zusammenhang zwischen Spannung und Verformung bei hohen Verformungsgeschwindigkeiten 10 untersuchen zu können, ist es bekannt, den stabförmigen Prüfling koaxial und bündig zwischen zwei Meßstäben anzuordnen, von denen einer in axialer Richtung stoßartig über einen Schlagkörper belastet wird, so daß sich der Druckimpuls im wesentlichen als einachsige Spannungswelle im Meßstab mit Schallgeschwindigkeit fortpflanzt. An der Stoßfläche zwischen dem eingangsseitigen Meßstab und dem Prüfling wird die Spannungswelle zum Teil reflektiert und zum Teil auf den Prüfling übertragen, in dem der 15 übertragene Anteil der Spannungswelle an der Stoßfläche zwischen Prüfling und ausgangsseitigem Meßstab wieder in einen reflektierten und einen sich im ausgangsseitigen Meßstab fortpflanzenden Anteil geteilt wird. Da sich die Spannungswellen in den Meßstäben und im Prüfling mit der jeweiligen Schallgeschwindigkeit fortpflanzen, kann durch Messung der durchgehenden bzw. der reflektierten Spannungswellen und der damit verbundenen Formänderungen im Bereich der beiden Meßstäbe unter Berücksichtigung der zeitlichen 20 Abstände dieser Messungen auf die Spannungsbelastung, die Formänderung und die Formänderungsgeschwindigkeit des Prüflings geschlossen werden.

Dieses auf einer Druckbelastung des Prüflings beruhende Prüfverfahren kann auch auf eine Zugbeanspruchung erweitert werden, wenn der eingangsseitige Meßstab als stirnseitig verschlossenes Rohr ausgebildet wird, das den an der Stirnseite angeschlossenen Prüfling und den ausgangsseitigen Meßstab 25 konzentrisch umschließt. Der durch eine Stoßbelastung auf das offene Ende des rohrförmigen Meßstabes in diesem ausgelöste Druckimpuls wird an der Stirnwand reflektiert und pflanzt sich im Prüfling bzw. im ausgangsseitigen Meßstab als Zugspannungswelle fort. Voraussetzung hierfür ist eine zugfeste Verbindung zwischen dem Prüfling einerseits und den Meßstäben andererseits, was durch Schraubverbindungen erreicht wird. Diese Schraubverbindungen bedingen allerdings Dispersionen der Zugspannungswelle mit dem 30 Nachteil, daß der Wellenverlauf wegen des Fehlens einer ausgeprägten Wellenfront kaum mit einer für die Bestimmung der Zugbelastung des Prüflings ausreichender Genauigkeit vorhergesagt werden kann.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Prüfung der Zugfestigkeit von spröden, stabförmigen Prüflingen anzugeben, das eine Belastung des jeweiligen Prüflings mit Zugspannungen vorgegebener Größe in vergleichsweise einfacher Art erlaubt.

35 Ausgehend von einem Verfahren der eingangs geschilderten Art, löst die Erfindung die gestellte Aufgabe dadurch, daß der lediglich an einem Ende in einen Aufnahmekopf eingesetzte und mit seinem anderen Ende frei aus dem Aufnahmekopf vorragende Prüfling durch eine stoßartige Axialbelastung des Aufnahmekopfes von der dem freien Ende des Prüflings zugekehrten Seite her einer schlagartigen Geschwindigkeitsänderung unterworfen wird, wobei die Geschwindigkeitsdifferenz des Prüflings vor und 40 nach der schlagartigen Belastung als Maß für die Größe der erzeugten Zugspannungswelle bestimmt wird.

Durch die stoßartige Axialbelastung des Aufnahmekopfes von der dem freien Ende des Prüflings zugekehrten Seite her kann der Prüfling unmittelbar einer Zugbeanspruchung durch eine Zugspannungswelle ausgesetzt werden, deren Amplitude proportional der Differenz der Prüflinggeschwindigkeit vor und nach der stoßartigen Belastung ist und vom Verhältnis des Elastizitätsmoduls zur Schallgeschwindigkeit, also von 45 bekannten Werkstoffdaten des Prüflings, abhängt. Damit kann aber die Zugspannungsbelastung des stabförmigen Prüflings in einfacher Weise über die Größe der schlagartigen Geschwindigkeitsänderung gesteuert werden. Diese Geschwindigkeitsänderung kann grundsätzlich durch ein schlagartiges Beschleunigen oder Bremsen des Prüflings erreicht werden.

Um eine weitgehend einachsige Zugspannungsbelastung des Prüflings sicherzustellen, muß der Prüfling 50 koaxial belastet und bewegt werden. Zu diesem Zweck kann der mit Hilfe eines Antriebes beschleunigbare Aufnahmekopf für den Prüfling in dessen Längsrichtung entlang einer Beschleunigungsstrecke frei verschiebbar geführt sein, so daß die Beschleunigungsrichtung des Prüflings konstruktiv festgelegt wird. Diese Verschiebeführung des Aufnahmekopfes kann sowohl bei einer schlagartigen Beschleunigung des ruhenden als auch bei einem plötzlichen Abbremsen des bewegten Prüflings vorteilhaft eingesetzt werden. 55 Die Geschwindigkeitsänderung durch eine schlagartige Bremsverzögerung kann in diesem Zusammenhang einfach dadurch erzielt werden, daß dem in Richtung des freien Endes des Prüflings beschleunigbaren Aufnahmekopf am Ende der Beschleunigungsstrecke ein Prallanschlag zugeordnet ist. Dieser Prallanschlag bremst den auf eine bestimmte Geschwindigkeit beschleunigten Prüfling schlagartig ab, wobei ein Teil

seiner kinetischen Energie in Formänderungsenergie umgewandelt wird.

Die Zugspannungsbeanspruchung des Prüflings durch dessen Beschleunigung kann dadurch sichergestellt werden, daß der Beschleunigungsstrecke für den Aufnahmekopf mit dem entgegen der Beschleunigungsrichtung vorragenden Prüfling ein in Beschleunigungsrichtung antreibbarer Schlagkörper als Antrieb vorgeordnet wird. Durch den Stoß des Schlagkörpers auf den Aufnahmekopf wird der Prüfling mit dem Aufnahmekopf in Abhängigkeit von den Masseverhältnissen, der Auftreffgeschwindigkeit des Schlagkörpers auf den Prüfling und der beim Stoß auftretenden Dissipation auf eine Geschwindigkeit beschleunigt, die aufgrund der gegebenen, bekannten Werkstoffeigenschaften des Prüflings für die Größe seiner beschleunigungsbedingten Zugbeanspruchung bestimmend ist. Wird zwischen dem Schlagkörper und dem Aufnahmekopf ein Stoßüberträger vorgesehen, der mit dem gegen ihn vorragenden Ende des Prüflings nicht in Berührung steht, so kann zusätzlich der Umstand ausgenützt werden, daß bei einem Aufprallen einer größeren Masse auf eine kleinere Masse diese nach dem Stoß auf eine die Auftreffgeschwindigkeit übersteigende Geschwindigkeit beschleunigt wird, so daß bei einer entsprechenden Abstimmung der bei den Stößen beteiligten Massen der Prüfling auf eine erheblich größere Geschwindigkeit als die Auftreffgeschwindigkeit des Schlagkörpers beschleunigt werden kann. Der Antrieb des Schlagkörpers kann auf unterschiedliche Weise konstruktiv gelöst werden, weil es ja nur darauf ankommt, eine vorgegebene Auftreffgeschwindigkeit zu erreichen. Besonders einfache Konstruktionsverhältnisse ergeben sich allerdings dann, wenn der Schlagkörper aus einem über ein Druckmittel beaufschlagbaren Kolben besteht, so daß die Beschleunigung des Schlagkörpers einfach durch seinen Beaufschlagungsdruck gesteuert werden kann.

Der zur Bestimmung der Zugbelastung erforderliche Wert der Differenz der Prüflinggeschwindigkeit vor und nach der stoßartigen Belastung des Prüflings kann durch die Konstruktionsverhältnisse der Prüfvorrichtung vorgegeben werden. In vielen Fällen wird jedoch auf eine entsprechende Geschwindigkeitsmessung des Prüflings nicht verzichtet werden können. Es empfiehlt sich daher, im Bereich der Beschleunigungsstrecke oder im Anschluß daran eine berührungslos arbeitende Meßeinrichtung für die Geschwindigkeit des Prüflings vorzusehen.

Wie bereits ausgeführt wurde, ist ein einachsiger Spannungszustand des Prüflings anzustreben. Um davon abweichende Spannungen mit einfachen Mitteln weitgehend vermeiden zu können, kann der Prüfling an seinem Einspannende eine einen Anschlagflansch für den Aufnahmekopf bildende Verbreiterung aufweisen, die eine entsprechend selbständige Ausrichtung des Prüflings gegenüber dem Aufnahmekopf bzw. der Beschleunigungsrichtung erlaubt, wenn die Anschlagfläche des Anschlagflansches ausreichend genau bearbeitet ist. Bei Prüflingen ohne eine solche stirnseitige Verbreiterung kann der zu untersuchende Prüfling in einen Halter eingesetzt werden, der einen Anschlagflansch für den Aufnahmekopf bildet und den im allgemeinen zylindrischen Prüfling in einer Bohrung aufnimmt, wobei die Befestigung durch ein Klemmen, Löten, Aufschumpfen, Kleben od. dgl. erfolgen kann. Über solche Halter werden mit der Abstützung stirnseitig verbreiteter Prüflinge übereinstimmende Abstützverhältnisse für durchgehend zylindrische Prüflinge erzielt.

An Hand der Zeichnung wird das Verfahren nach der Erfindung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Prüfung der Zugfestigkeit eines spröden, stabförmigen Prüflings in einem vereinfachten Längsschnitt,

Fig. 2 eine gegenüber der Fig. 1 abgewandelte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einem vereinfachten Längsschnitt und

Fig. 3 einen Längsschnitt durch die Beschleunigungsstrecke einer Vorrichtung entsprechend der Fig. 2 in einem größeren Maßstab.

Gemäß dem in der Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel wird der Prüfling 1, beispielsweise ein Ventilstößel aus einem keramischen Werkstoff, in einen Aufnahmekopf 2 eingesetzt, der eine sich entsprechend dem Ventilteller stirnseitig erweiternde Aufnahmebohrung für den Prüfling 1 bildet. Dieser Aufnahmekopf 2 ist entlang einer Beschleunigungsstrecke 3 ergebenden Verschiebeführung 4 frei verschiebbar gelagert und mit einem Antrieb 5 versehen, der schematisch durch eine Schraubenfeder 6 angedeutet ist. Diese Schraubenfeder 6 wird über eine Spanneinrichtung 7, die über ein Zugmittel 8 am Aufnahmekopf 2 angreift, vorgespannt, um beim Lösen der Spanneinrichtung 7 den Aufnahmekopf 2 mit dem eingesetzten Prüfling 1 auf eine vorgegebene Geschwindigkeit zu beschleunigen, die von der Federkonstante, dem Federweg und der zu beschleunigenden Gesamtmasse abhängt. Da die Beschleunigungsstrecke 3 durch einen Prallanschlag 9 begrenzt wird, der eine Durchtrittsöffnung 10 für den aus dem Aufnahmekopf 2 in Beschleunigungsrichtung vorragenden zylindrischen Teil des Prüflings 1 aufweist, wird der Prüfling 1 beim Aufschlagen des Aufnahmekopfes 2 auf den Prallanschlag 9 schlagartig gebremst, wobei ein Teil der kinetischen Energie in Formänderungsenergie umgewandelt wird, die sich als im wesentlichen einachsige Zugspannungswelle über die Länge des Prüflings 1 mit Schallgeschwindigkeit fortpflanzt, so daß diese dynamisch aktivierte Längsspannung unmittelbar aus der Aufprallgeschwindigkeit des Aufnahmekopfes 2

auf den Prallanschlag 9 ermittelt werden kann, wenn der Elastizitätsmodul und die Schallgeschwindigkeit des Prüflings 1 bekannt sind und die Nachgiebigkeit des Aufnahmekopfes 2 und des Prallanschlages 9 beim Stoß durch einen tabellierten Faktor berücksichtigt wird. Die Aufprallgeschwindigkeit wird durch eine berührungslos arbeitende Meßeinrichtung 11 im Bereich der Verschiebeführung 4 unmittelbar vor dem Prallanschlag 9 gemessen. Im Anschluß an die Durchtrittsöffnung 10 des Prallanschlages 9 ist eine Fangeinrichtung für jenen Teil des Prüflings 1 vorzusehen, der im Falle eines Bruches aus der Durchtrittsöffnung 10 frei fliegend austritt.

Soll eine bestimmte Zugspannung im Prüfling 1 erreicht werden, so ist für eine bestimmte Aufprallgeschwindigkeit auf den Prallanschlag 9 zu sorgen. Der für diese Aufprallgeschwindigkeit erforderliche Federweg kann bei einer gegebenen Konstruktion aus der bekannten Beziehung zwischen Federweg, Geschwindigkeit, Federkonstante und den zu beschleunigenden Massen errechnet werden, wobei zur Kompensation der Energiedissipation, beispielsweise zufolge der Reibung, der Federweg aufgrund der tatsächlich gemessenen Aufprallgeschwindigkeit entsprechend korrigiert werden kann.

Die Schraubenfeder 6 des Antriebes 5 kann durch andere geeignete, z. B. druckmittelbetätigte, elektrische oder magnetische Einrichtungen ersetzt werden, da es ja nur darum geht, den Aufnahmekopf 2 mit dem Prüfling 1 entlang einer angemessenen Beschleunigungsstrecke 3 auf eine vorgegebene Geschwindigkeit zu beschleunigen. Zur Dissipation der nach dem Aufprall im Aufnahmekopf 2 noch vorhandenen Bewegungsenergie kann dem Aufnahmekopf 2 eine Dämpfungseinrichtung zugeordnet werden, was jedoch aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellt ist.

Bei der in den Fig. 2 und 3 dargestellten Prüfvorrichtung wird der Prüfling 1 nicht schlagartig gebremst, sondern schlagartig beschleunigt. Dies setzt einen Aufnahmekopf 2 im Bereich des bezüglich der Beschleunigungsrichtung vorderen Endes des Prüflings 1 voraus, der demnach nach hinten aus dem Aufnahmekopf 2 vorragt. Damit der dargestellte, durchgehend stabförmige Prüfling 1 im Aufnahmekopf 2 zugfest gehalten werden kann, ist ein Halter 12 vorgesehen, der den in eine Aufnahmebohrung geklemmten, gelöteten oder geklebten Prüfling 1 aufnimmt und einen Anschlagflansch bildet, über den der Prüfling 1 durch den Aufnahmekopf 2 mitgenommen wird. Der Aufnahmekopf 2 ist in einem Führungsrohr 13 gehalten, das eine Verschiebeführung für den Aufnahmekopf 2 entlang der Beschleunigungsstrecke 3 darstellt. Der Antrieb 5 zur Beschleunigung des Aufnahmekopfes 2 besteht aus einem durch einen Kolben gebildeten Schlagkörper 14 in einem Zylinder 15, der über einen Druckmittelspeicher 16 beaufschlagt werden kann. Zum Aufladen des Druckmittelspeichers 16 ist ein Füllanschluß 17 vorgesehen. Der geladene Druckmittelspeicher 16 kann über ein Ventil 18 mit dem Zylinder 15 verbunden werden, so daß der Schlagkörper 14 pneumatisch oder hydraulisch beaufschlagt und beschleunigt wird. Dem Aufnahmekopf 2 ist ein Stoßüberträger 19 vorgelagert, der auf den Aufnahmekopf 2 einen zentrischen Stoß ausübt. Der Aufnahmekopf 2 bzw. der Stoßüberträger 19 ist so auszubilden, daß beim Stoß auf das zur Stoßrichtung entgegengesetzte Ende des Prüflings 1 keine Kraft ausgeübt wird. Der eine entsprechend höhere Masse aufweisende Schlagkörper 14 prallt auf den Stoßüberträger 19, der dadurch auf eine höhere Geschwindigkeit beschleunigt wird. Über den Stoßüberträger 19 wird schließlich der Aufnahmekopf 2 mit dem eingesetzten Prüfling 1 schlagartig beschleunigt, wobei bei geeigneter Wahl der bei den Stößen beteiligten Massen die Geschwindigkeit des Prüflings 1 erheblich größer als jene des Schlagkörpers 14 sein kann. Die schlagartige Beschleunigung des Prüflings 1 bedingt wieder eine Zugspannungswelle im Prüfling 1, die proportional der Geschwindigkeitsdifferenz des Prüflings 1 vor und nach dem Stoß ist und demnach bei ursprünglich ruhendem Prüfling 1 aus der Geschwindigkeit des Prüflings 1 nach dem Stoß ermittelt werden kann. Die Meßeinrichtung 11 für die Geschwindigkeit des Prüflings 1 wird gemäß der Fig. 3 durch zwei Lichtschranken gebildet, die mit Abstand voneinander am Führungsrohr 13 angeordnet sind und aus je einem Sender 20 und einem Empfänger 21 bestehen. Mit Hilfe dieser an eine Auswerteschaltung angeschlossenen Lichtschranken läßt sich die mittlere Geschwindigkeit des Prüflings 1 zwischen den beiden Lichtschranken aufgrund des bekannten örtlichen und des gemessenen zeitlichen Abstandes mit ausreichender Genauigkeit bestimmen.

Zur Dämpfung des Stoßüberträgers 19 nach dem Aufprall auf den Aufnahmekopf 2 kann eine Dämpfungsfeder 22 vorgesehen sein, wie sie in der Fig. 3 angedeutet ist. Das Führungsrohr 13, das mit Belüftungsöffnungen 23 versehen ist, um keinen die Beschleunigung des Prüflings 1 behindernden Druckaufbau innerhalb des Führungsrohres 13 in Kauf nehmen zu müssen, wird durch einen Auffangbehälter 24 abgeschlossen, in dem der Aufnahmekopf 2 mit dem Prüfling 1 ohne zusätzliche Belastung abgebremst wird. Zu diesem Zweck kann der Auffangbehälter 24 mit einem Dämpfungsmaterial beispielsweise aus Naturfasern gefüllt sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Prüfung der Zugfestigkeit eines spröden, stabförmigen Prüflings, in dem mittels einer axialen, stoßartigen Belastung eine sich in Längsrichtung des Prüflings fortpflanzende Zugspannungswelle erzeugt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der lediglich an einem Ende in einen Aufnahmekopf eingesetzte und mit seinem anderen Ende frei aus dem Aufnahmekopf vorragende Prüfling durch eine stoßartige Axialbelastung des Aufnahmekopfes von der dem freien Ende des Prüflings zugekehrten Seite her einer schlagartigen Geschwindigkeitsänderung unterworfen wird, wobei die Geschwindigkeitsdifferenz des Prüflings vor und nach der schlagartigen Belastung als Maß für die Größe der erzeugten Zugspannungswelle bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Prüfling durch die stoßartige Belastung seines Aufnahmekopfes beschleunigt wird.
3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der mit Hilfe eines Antriebes (5) beschleunigbare Aufnahmekopf (2) für den Prüfling (1) in dessen Längsrichtung entlang einer Beschleunigungsstrecke (3) frei verschiebbar geführt ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem in Richtung des freien Endes des Prüflings (1) beschleunigbaren Aufnahmekopf (2) am Ende der Beschleunigungsstrecke (3) ein Prallanschlag (9) zugeordnet ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Beschleunigungsstrecke (3) für den Aufnahmekopf (2) mit dem entgegen der Beschleunigungsrichtung vorragenden Prüfling (1) ein in Beschleunigungsrichtung antreibbarer Schlagkörper (14) als Antrieb (5) vorgeordnet ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen dem Schlagkörper (14) und dem Aufnahmekopf (2) ein Stoßüberträger (19) vorgesehen ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schlagkörper (14) aus einem über ein Druckmittel beaufschlagbaren Kolben besteht.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Bereich der Beschleunigungsstrecke (3) oder danach eine berührungslos arbeitende Meßeinrichtung (11) für die Geschwindigkeit des Prüflings (1) vorgesehen ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Prüfling (1) an seinem Einspannende eine einen Anschlagflansch für den Aufnahmekopf (2) bildende Verbreiterung aufweist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der stabförmige Prüfling (1) in einen einen Anschlagflansch für den Aufnahmekopf (2) bildenden Halter (12) eingesetzt ist.

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

FIG.1

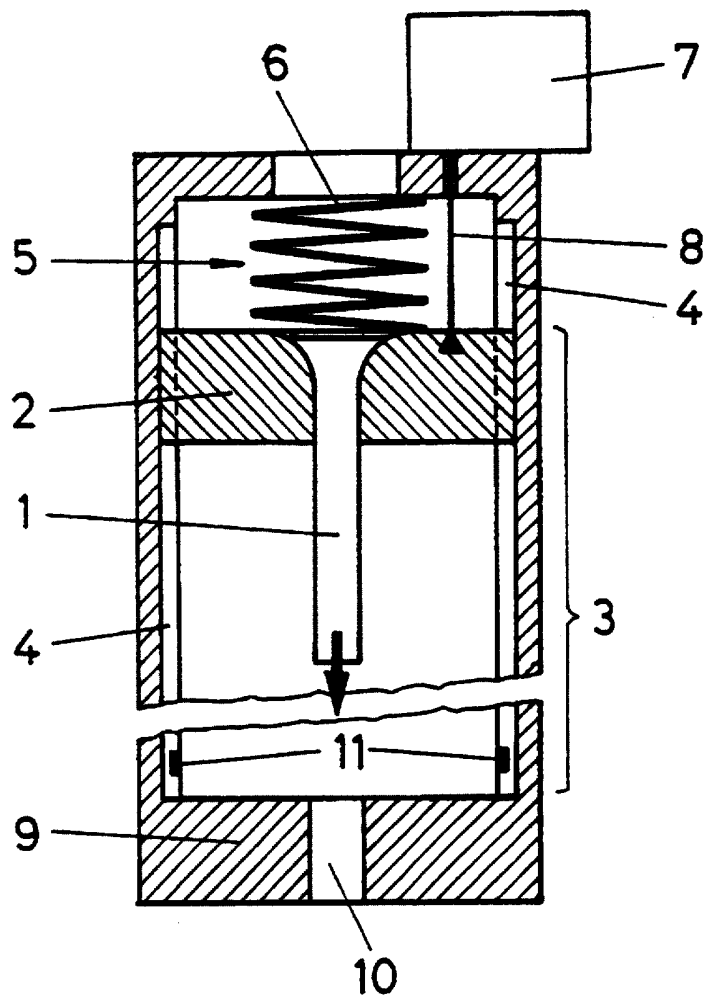
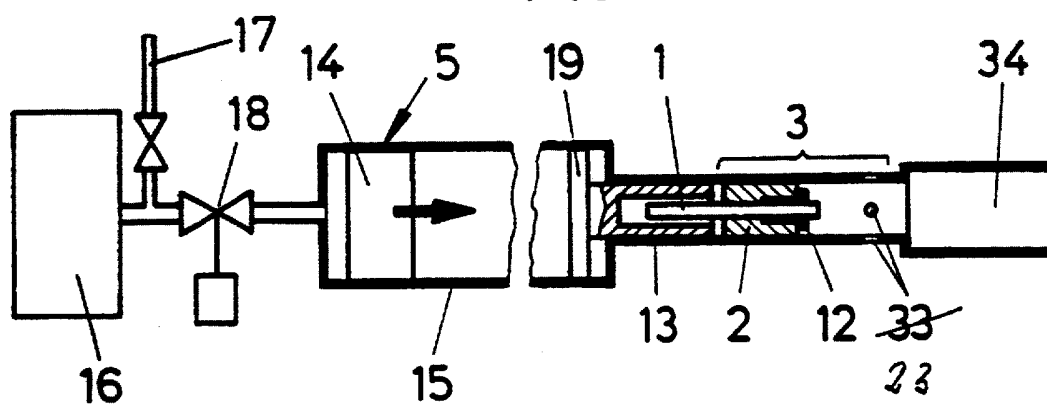


FIG.2



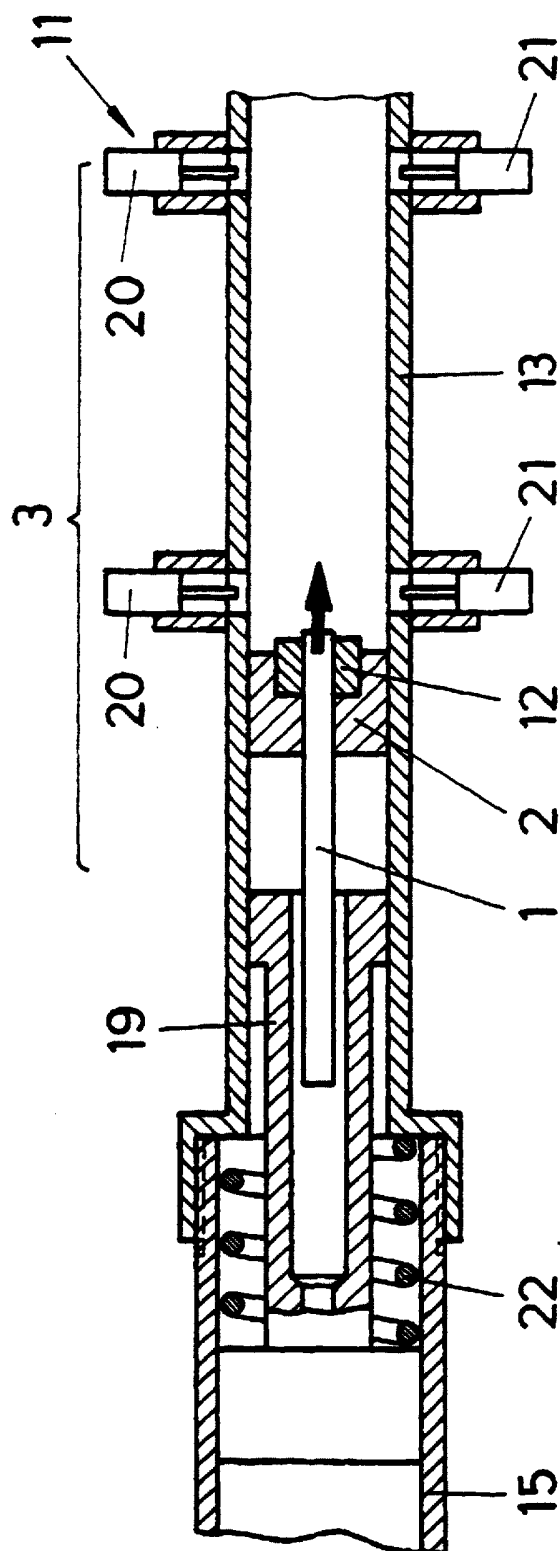


FIG.3