



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 720 923 A2

(51) Int. Cl.: B26F 3/00 (2006.01)
B05B 15/18 (2018.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 000724/2023

(71) Anmelder:
ALLFI AG, Riedenmatt 1
6370 Stans (CH)

(22) Anmeldedatum: 07.07.2023

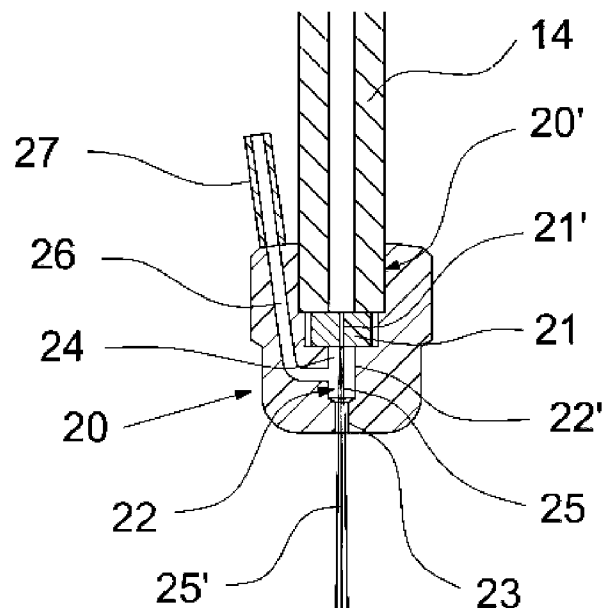
(72) Erfinder:
Beat Troxler, 6026 Rain (CH)

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.01.2025

(74) Vertreter:
Luchs & Partner AG Patentanwälte, Schulhausstrasse 12
8002 Zürich (CH)

(54) Verfahren zur Überwachung eines Flüssigkeitsschneidens insbesondere mittels eines Wasserstrahls im Hochdruckbereich, sowie eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens

(57) Bei einem Verfahren zur Überwachung eines Flüssigkeitsschneidens, insbesondere mittels eines Wasserstrahls im Hochdruckbereich, wird die Flüssigkeit mit einem einstellbaren Druck durch eine mit einem Durchlass (21') versehene Düse (21) in einem Düsenkopf (20) geleitet und durch den austretenden Flüssigkeitsstrahl (25) ein Schneiden eines Werkstücks bewirkt. In wenigstens einer im Düsenkopf (20) nach dem Austritt des Flüssigkeitsstrahls (25) angeordneten Kammer (22), durch die der Flüssigkeitsstrahl (25) geleitet wird, wird der Druck gemessen und ausgewertet, um damit zumindest den betrieblichen Zustand der Düse (21) zu ermitteln. Es wird mit dieser konstruktiv einfachen Lösung zu dem Verfahren eine äusserst zuverlässige Messmethode für die Ermittlung des Betriebszustandes dieser die Form des Wasserstrahls erzeugenden Düse erzielt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung eines Flüssigkeitsschneidens insbesondere mittels eines Wasserstrahls im Hochdruckbereich, sowie eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens, dies nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. des Anspruchs 5.

[0002] In der Druckschrift CH 717 897 ist eine Ventileinrichtung für ein gesteuertes Durchlassen eines Mediums insbesondere im Hochdruckbereich offenbart, bei der ein mit einer Bohrung versehenes Gehäuse mit wenigstens einer Einlass- und einer Auslassöffnung, eine mit dem Medium beaufschlagbare Druckkammer und eine darin hin- und herbewegbare Ventalnadel vorgesehen ist. Eine im Gehäuse eingeschraubte Muffe ist mit der Auslassöffnung versehen, in die ein Hochdruckrohr mit einer Auslassdüse für die Erzeugung des Wasserstrahls montierbar ist. Solche Auslassdüsen verfügen über unterschiedliche Standzeiten, die je nach den betrieblichen Gegebenheiten wie zum Beispiel der Höhe des Betriebsdrucks und anderen Faktoren variieren kann.

[0003] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Überwachung eines Flüssigkeitsschneidens insbesondere mittels eines Wasserstrahls im Hochdruckbereich zu schaffen, bei dem auf einfache Art und Weise sichergestellt werden kann, dass der Zustand der den Flüssigkeitsstrahl bestimmenden und dabei stark beanspruchten Düse stets ermittelt und damit ein optimaler Betrieb beim Schneiden mit dem Flüssigkeitsstrahl erzielt werden kann.

[0004] Diese Aufgabe ist erfindungsgemäss durch die Merkmale des Anspruchs 1 bzw. des Anspruchs 5 gelöst.

[0005] Mit dem erfindungsgemässen Verfahren, den Druck nach dem Austritt des Flüssigkeitsstrahls aus der Düse zumindest in einer den Flüssigkeitsstrahl umgebenden Kammer im Düsenkopf zu messen, um den betrieblichen Zustand der Düse zu ermitteln, ermöglicht eine auf sehr einfache Weise zu handhabende permanente oder getaktete Überwachung des Zustandes der Düse und damit eine Verbesserung des Schneidprozesses durch diese Druckmessung und der Auswertung aus diesen Messungen. Dementsprechend lässt sich der Automatisierungsgrad der Schneidvorgänge ohne weiteres erhöhen.

[0006] Die Erfindung sieht dabei vor, dass von dem durch den Flüssigkeitsstrahl entstehenden Unterdruck in der Kammer im Neuzustand der Düse als Sollwert des Drucks ausgegangen und bei Abweichungen von diesem Sollwert die Düse geprüft und gegebenenfalls ausgewechselt wird.

[0007] Sehr vorteilhaft wird bei der Auswertung des gemessenen Drucks in der Kammer der durch das Antriebsorgan vorgegebene Betriebsdruck der Flüssigkeit und der Durchlassquerschnitt der Düse berücksichtigt, um den Sollwert des sich bildenden Unterdrucks mit diesen Werten abzugleichen.

[0008] Bei der erfindungsgemässen Einrichtung zur Durchführung des Überwachungsverfahrens ist im Düsenkopf nach der mit dem bestimmten Durchlassquerschnitt dimensionierten Düse die Kammer sowie ein Auslasskanal ausgebildet. Zudem ragt von dieser Kammer aussenseitig wenigstens ein Durchgangsloch und eine Rohrleitung zu einer Messeinrichtung weg, durch dieselbe insbesondere der Druck P1 im betrieblichen Zustand in der gebildeten Kammer gemessen wird.

[0009] Auf sehr überraschende Weise wird mit dieser konstruktiv einfachen Lösung der Einrichtung eine äusserst zuverlässige Messmethode für die Ermittlung des Betriebszustandes dieser die Form des Wasserstahls erzeugenden Düse erzielt.

[0010] Die Erfindung sowie weitere Vorteile derselben sind nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemässen Einrichtung; und

Fig. 2 einen teilweise Längsschnitt des Düsenkopfs mit der Düse der erfindungsgemässen Einrichtung nach Fig. 1.

[0011] Fig. 1 und Fig. 2 zeigen eine Einrichtung 10, die sich insbesondere zum Schneiden von Gegenständen mit einem mit diesem hohen Druck erzeugten Flüssigkeitsstrahl 25 eignet, bei dem die Flüssigkeit von wenigstens einem Pumpenaggregat 11 als Antriebsorgan mit einem wählbaren Druck durch eine Ventileinrichtung 15 und eine Düse 21 mit einem Durchlass 21' in einem Düsenkopf 20 gepumpt und durch den austretenden Flüssigkeitsstrahl 25' ein nicht näher gezeigtes Werkstück getrennt oder mit einem Schnitt versehen wird. Bei den Gegenständen als Werkstücke kann es sich um harte oder weichere Materialien handeln. Bei der im Hochdruckbereich arbeitenden Einrichtung 10 für dieses gesteuerte Durchlassen der Flüssigkeit werden Drücke der Flüssigkeit von bis über 6000 bar erzeugt.

[0012] Eine Ventileinrichtung 15 als Teil der gesamten Einrichtung 10, was nicht näher erläutert ist, ist beispielsweise in der Druckschrift EP 3 366 963 B1 offenbart. Sie umfasst im Wesentlichen ein mit einer Bohrung versehenes Gehäuse mit einer Einlass- und einer Auslassöffnung, eine in der Bohrung mit dem Medium beaufschlagbare Druckkammer und eine darin hin- und herbewegbare Ventalnadel als Schliessorgan. Diese Ventalnadel ist gegen einen Ventilsitz in einem Ventilsitzblock des Gehäuses abdichtend andrückbar und ermöglicht dieses Öffnen bzw. Schliessen der Ventileinrichtung und damit eine steuerbare Zufuhr des Mediums. Das flüssige Medium wird vom Pumpenaggregat 11 zu der Einlassöffnung 12 in die Druckkammer der Ventileinrichtung 15 und bei der Auslassöffnung 13 durch ein Hochdruckrohr 14, die

Düse 21, die Kammer 22 und den Auslasskanal 23 im Düsenkopf 20 geleitet. Sowohl diese Ventileinrichtung 15 als auch das wenigstens eine Pumpenaggregat 11, wie zum Beispiel eine Plungerpumpe, können selbstverständlich durch unterschiedliche Anordnungen und Ausbildungen vorgesehen sein.

[0013] Erfindungsgemäss wird nach dem Austritt des Flüssigkeitsstrahls 25 aus der Düse 21 der Druck P1 zumindest in einer den Flüssigkeitsstrahl 25 umgebenden Kammer 22 im Düsenkopf 20 gemessen und ausgewertet, um den betrieblichen Zustand der Düse 21 zu ermitteln.

[0014] Dies ermöglicht während des Schneidens im Betrieb eine Überwachung des Schneidprozesses durch die Messung und Auswertung dieses Drucks P1 in der Kammer 22, was ohne grossen Aufwand, aber äusserst zuverlässig realisierbar ist und während dem Schneiden ununterbrochen und/oder in zeitlichen Abständen ausgeführt werden kann.

[0015] Der durch den Flüssigkeitsstrahl 25 entstehende annähernd als Vakuum entstehende Unterdruck in der Kammer 22 im Neuzustand der Düse dient als Sollwert P_{Soll} des gemessenen Drucks P1. Bei der Auswertung wird dieser gemessene Druck P1 mit dem Sollwert P_{Soll} verglichen und bei Abweichungen vom Sollzustand wird das Bedienpersonal durch vorzugsweise eine visuelle und/oder akustische Anzeige aufmerksam gemacht, oder es wird ein Anhalten des Pumpenaggregates 11 ausgelöst. Bei einer Abweichung ab einem bestimmten Prozentsatz des als Istwert gemessenen Drucks P1 vom Sollwert P_{Soll} kann via die Auswerteeinheit gewarnt werden, so dass die Düse 21 zumindest kontrolliert und gegebenenfalls gereinigt oder ersetzt wird. Der Prozentsatz dieser Abweichung kann zum Beispiel zwischen 5 und 25% festgelegt sein, der unter Berücksichtigung der Betriebsdaten variiert werden kann.

[0016] Der jeweils gemessene Druck P1 in der Kammer 22 wird durch eine Messeinrichtung 17 mit einem Drucksensor 18 erfasst und an eine Auswerteeinheit 16, beispielsweise an eine Steuerungszentrale der Schneidmaschine, als ein analoges oder digitales Signal weitergeleitet.

[0017] Zudem wird vorteilhaft der durch das Pumpenaggregat 11 vorgegebene Betriebsdruck und der Durchlassquerschnitt des Durchlasses 21' in der Düse 21 ebenfalls von der Auswerteeinheit 16 erfasst und bei der Auswertung des Drucks P1 in der Kammer 22 berücksichtigt. Wenn im Betrieb ein Druckabfall bei der Flüssigkeitszufuhr aus was für Gründen auch immer vorliegt, kann sich dies auf den gemessenen Druck P1 in der Kammer 22 auswirken, auch wenn sich die Düse 21 an sich noch in einwandfreiem Zustand befindet. Entsprechend wird dann via die Auswerteeinheit ebenfalls eine Warnung an das Bedienpersonal abgegeben, so dass dieser das Pumpenaggregat 11 bzw. die Einrichtung 10 prüfen kann.

[0018] Sehr vorteilhaft ist die Kammer 22 derart bemessen, dass sie im Betrieb den Flüssigkeitsstrahl 25 mit einem Hohlraum 24 umgibt, von dem an der Peripherie 22' ein Durchgangsloch 26 und eine daran angeschlossene Rohrleitung 27 zur der Messeinrichtung 17 wegführt.

[0019] Der frontseitig beim Hochdruckrohr 14 lösbar befestigte Düsenkopf 20 ist mit einer Durchgangsöffnung 20' versehen, in die das Hochdruckrohr 14 frontseitig ragt, die Düse 21 darin auswechselbar eingesetzt ist, und in ihr anschliessend an die Düse 21 die Kammer 22 und der Auslasskanal 23 ausgebildet sind, die koaxial zueinander verlaufen. Ausserdem ist ein von der Kammer 22 an seiner Peripherie 22' radial wegragendes und folglich abgewinkeltes Durchgangsloch 26 im Düsenkopf 20 mit einem Anschluss an eine Rohrleitung 27 zu der Messeinrichtung 17 ausgebildet. In diesem Durchgangsloch 26 und der Rohrleitung 27 entsteht im Betrieb der gleiche Unterdruck wie in der Kammer 22, was bei dem Drucksensor 18 gemessen werden kann. Dieses Durchgangsloch 26 könnte auch anders als dargestellt von der Kammer 22 wegführen, wie zum Beispiel tangential oder schräg nach aussen. Es könnten auch zwei gegenüberliegende Durchgangslöcher von der Kammer wegführen und zu dem einen oder zu je einem separaten Drucksensor geleitet sein.

[0020] Die Kammer 22 ist dabei zylindrisch im Düsenkopf 20 und der anschliessende Auslasskanal 23 ist mit einem Durchmesser ausgebildet, der etwas grösser als der Durchmesser des erzeugten Flüssigkeitsstrahls bemessen ist. Die an die Düse 21 anschliessende Kammer 22 ist mit einem gegenüber dem Durchlass 21' der Düse vergrösserten Innendurchmesser versehen, der vorzugsweise ein Mehrfaches gegenüber dem Durchlass 21' beträgt, zum Beispiel zwischen dem Drei- und Fünffachen. Die Kammer 22 ist vorzugsweise mit einem solchen Hohlraum 24 dimensioniert, dass die Geschwindigkeit des Wasserstrahls bei Betriebsdruck darin bewirkt, dass im Normalbetrieb in der Kammer annähernd ein Vakuum zum Beispiel von ca. 0.1 bis 0.2 bar als Unterdruck entsteht, weil die Luft darin durch den Wasserstrahl mitgerissen wird.

[0021] Die Länge der Kammer 22 und des Auslasskanals 23 soll möglichst kurz bemessen sein, damit die Schneidleistung des Flüssigkeitsstrahls praktisch unverändert vom Austritt bei der Düse 21 bis zum Werkstück aufrechterhalten wird, da diese Schneidleistung mit zunehmender Strahllänge abnimmt. Der Abstand vom Düsenaustritt bis zum unteren Ende des Düsenkopfes beträgt daher mit Vorteil nur ein paar Millimeter, zum Beispiel 5 mm.

[0022] Nach der Kammer 22 ist der Innendurchmesser beim Auslasskanal 23 verengt, der wie erwähnt etwas grösser als der Durchmesser des Wasserstrahls sein soll, damit zum einen im Betrieb keine Luft von aussen in die Kammer 22 dringen kann, aber zum andern dieser Innendurchmesser wenigstens um einige Prozente grösser als der Wasserstrahl dimensioniert sein muss, damit letzterer in seinem Aussenbereich nicht vor dem Auslasskanal 23 abgelenkt und die Kammer mit Wasser füllen würde. Da sich der Wasserstrahl in seinem Durchmesser gegenüber beim Austritt bei der Düse 21 etwas ausdehnt, ist der Innendurchmesser beim Auslasskanal 23 grösser als derjenige in der Düse 21 dimensioniert.

[0023] Der Durchmesser des Durchlasses 21' der Düse 21 beträgt üblicherweise zwischen ca. 0.08 bis 0.3 mm, wobei er in Ausnahmefällen davon abweichen kann. Mit Vorteil werden aber je nach Durchmesser dieses Durchlasses 21' zwei oder mehr Düsenköpfe 20 mit jeweils unterschiedlichem Durchmesser des Auslasskanals 23 verwendet, zum Beispiel für

den Bereich des Durchlasses 21' von 0.08 bis 0.18 mm ein Düsenkopf und von 0.15 bis 0.3 mm ein anderer Düsenkopf mit entsprechend angepasstem Durchmesser seines Auslasskanals 23, weil sich der Flüssigkeitsstrahl im Auslasskanal 23 beim grösseren Durchlass 21' in der Düse 21 entsprechend mehr aufweitet. Je nach Grösse kann der Durchmesser Durchlasses 21' im Verhältnis zu demjenigen des Flüssigkeitsstrahls um ein Mehrfaches, zum Beispiel 2 bis 6 mal grösser sein.

[0024] Es können je nach Betriebszustand verschieden starke Unterdrücke in der Kammer 22 entstehen. Wenn kein oder nur ein geringer Wasserstrahl besteht und damit auch kein oder nur ein kleiner Unterdruck messbar ist, deutet dies darauf hin, dass die Düse 21 verstopft ist, kein Wasserdruck besteht und/oder die Ventileinrichtung 15 eine Störung aufweist. Das Vakuum ist bei idealem Wasserstrahl nicht so hoch, ca. 0.1 bis 0.2 bar, und hängt vor allem von der Düsengrösse ab. Erst bei einer abgenützten bzw. beschädigten Düse steigt dieses Vakuum auf 0.5 bar oder höher an. Hingegen wenn der Unterdruck sehr stark ist, liegt in der Regel ebenfalls ein schlechter Zustand der Düse vor, trotzdem zwar der Hochdruck des Strahls gegeben ist, aber zum Beispiel ein besenförmiger Wasserstrahl erzeugt wird, so dass die Düse ausgewechselt werden muss. Wenn der gemessene Druck P1 im Bereich des Sollwertes Psoll gemessen wird und der Betriebsdruck normal ist, ist der Wasserstrahl gut gebündelt und die Schneidleistung der Einrichtung 10 ist im maximalen Bereich.

[0025] Die Erfindung ist mit dem obigen Ausführungsbeispiel ausreichend dargetan. Sie könnte aber selbstverständlich noch durch andere Varianten ausgeführt sein.

[0026] So könnte der Düsenkopf bzw. die Düse anders als dargestellt ausgestaltet sein. Er könnte direkt bei der Ventileinrichtung ohne dem Vorsehen dieses Hochdruckrohrs angeordnet sein. Ebenso könnte die Kammer direkt in der Ventileinrichtung nach der Düse ausgebildet sein und sie könnte auch nicht direkt nach der Düse, sondern nach einem Durchlass mit einem Innendurchmesser wie der Durchmesser des Wasserstrahls angeordnet sein. Zudem könnte die Kammer auch in einem separaten in den Düsenkopf wie die Düse einlegbaren Bauteil oder ähnlichem ausgebildet sein. Auch könnte die Kammer anders als zylindrisch geformt sein, zum Beispiel gegen aussen verjüngend oder dergleichen.

[0027] Die Einrichtung mit der Auswerteeinheit und der Messeinrichtung könnten auch in einem separaten Gerät integriert sein, welches bei einer bestehenden Schneidmaschine nachträglich eingesetzt werden könnte, bei dem der Düsenkopf entsprechend nach der Erfindung ausgebildet wäre.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung eines Flüssigkeitsschneidens insbesondere mittels eines Wasserstrahls im Hochdruckbereich, bei dem die Flüssigkeit mit einem einstellbaren Druck durch eine mit einem Durchlass (21') versehene Düse (21) in einem Düsenkopf (20) geleitet und durch den austretenden Flüssigkeitsstrahl (25) ein Schneiden eines Werkstücks bewirkt wird, dadurch gekennzeichnet, dass in wenigstens einer im Düsenkopf (20) nach dem Austritt des Flüssigkeitsstrahls (25) aus der Düse (21) angeordneten Kammer (22), durch die der Flüssigkeitsstrahl (25) geleitet wird, der Druck (P1) gemessen und ausgewertet wird, um damit zumindest den betrieblichen Zustand der Düse (21) zu ermitteln.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der durch den Flüssigkeitsstrahl (25) in der diesen umgebenden Kammer (22) erzeugte Unterdruck im Normalzustand der Düse (21) als Sollwert (Psoll) des Drucks dient und dass Abweichungen von diesem Sollwert eine Prüfung der Düse (21) und gegebenenfalls ein Auswechseln zumindest der Düse (21) im Düsenkopf (20) erfordert.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Überwachung des Flüssigkeitsschneidens durch die Messung dieses Drucks (P1) in der Kammer (22) während des Betriebs ununterbrochen oder in zeitlichen Abständen erfolgt und dass bei einer Abweichung vom Sollzustand eine visuelle, akustische Anzeige und/oder ein Anhalten des Antriebsorgans bzw. der Schneidmaschine ausgelöst wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Auswertung des gemessenen Drucks (P1) in der Kammer (22) der durch das Antriebsorgan vorgegebene Betriebsdruck und zumindest der Durchmesser des Durchlasses (21') der Düse (21) berücksichtigt wird.
5. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass im Düsenkopf (20) nach der mit dem bestimmten Durchlassquerschnitt dimensionierten Düse (21) die Kammer (22) sowie ein Auslasskanal (23) gebildet ist, wobei von dieser Kammer (22) an seiner Peripherie (22') wenigstens ein Durchgangsloch (26) und eine angeschlossene Rohrleitung (22) zu einer Messeinrichtung (17) wegführt, durch dieselbe insbesondere der Druck (P1) im betrieblichen Zustand in der gebildeten Kammer (22) gemessen wird.
6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Kammer (22) derart bemessen ist, dass sie im Betrieb den Flüssigkeitsstrahl (25) mit einem Hohlraum (24) umgibt, von dem an der Peripherie (22') das wenigstens eine Durchgangsloch (26) und die angeschlossene Rohrleitung (22) zur der Messeinrichtung (17) wegführt.
7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlraum (24) der Kammer (22) derart dimensioniert ist, dass die Geschwindigkeit des Flüssigkeitsstrahls (25) bei Betriebsdruck durch die vom Wasserstrahl mitgerissene Luft darin bewirkt, dass der entstehende Unterdruck in der Kammer (22) zumindest annähernd einem Vakuum entspricht.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Kammer (22) im Düsenkopf (20) mit einem gegenüber dem Durchlass (21') der Düse (21) vergrößerten Durchmesser ausgebildet ist, die koaxial zueinander verlaufen.
9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kammer (22) im Düsenkopf (20) zylindrisch und der anschliessende Auslasskanal (23) mit dem kleineren Durchmesser als derjenige der Kammer ausgebildet ist und dabei annähernd dem Durchmesser des Flüssigkeitsstrahls entspricht.
10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der Kammer (22) und des Auslasskanals (23) derart bemessen ist, dass sie vorzugsweise nur ein paar Millimeter, zum Beispiel 5 Millimeter, beträgt.
11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass für bestimmte Bereiche des jeweiligen Durchmessers des Durchlasses (21') der Düse (21), zum Beispiel von 0.08 bis 0.18 mm bzw. von 0.15 bis 0.3 mm, jeweils ein anderer Düsenkopf (20) mit entsprechend angepasstem Durchmesser seines Auslasskanals (23) verwendbar ist.
12. Einrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Durchgangsloch (26) radial, tangential, schräg oder ähnlich von dieser Kammer (22) an seiner Peripherie (22') wegführt, wobei im Durchgangsloch (26) im Betriebszustand ein entsprechender Unterdruck wie in der Kammer (22) entsteht.
13. Einrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (17) mit einer Auswerteeinheit (16) verbunden ist, durch dieselbe insbesondere der Druck (P1) im betrieblichen Zustand in der gebildeten Kammer (22) ausgewertet wird, um den Zustand der Düse (21) zu ermitteln.
14. Einrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass im Düsenkopf (20) eine Durchgangsöffnung (20') mit der Düse (21) und dem Hochdruckrohr (14) auswechselbar darin gehalten sind.

Fig. 1

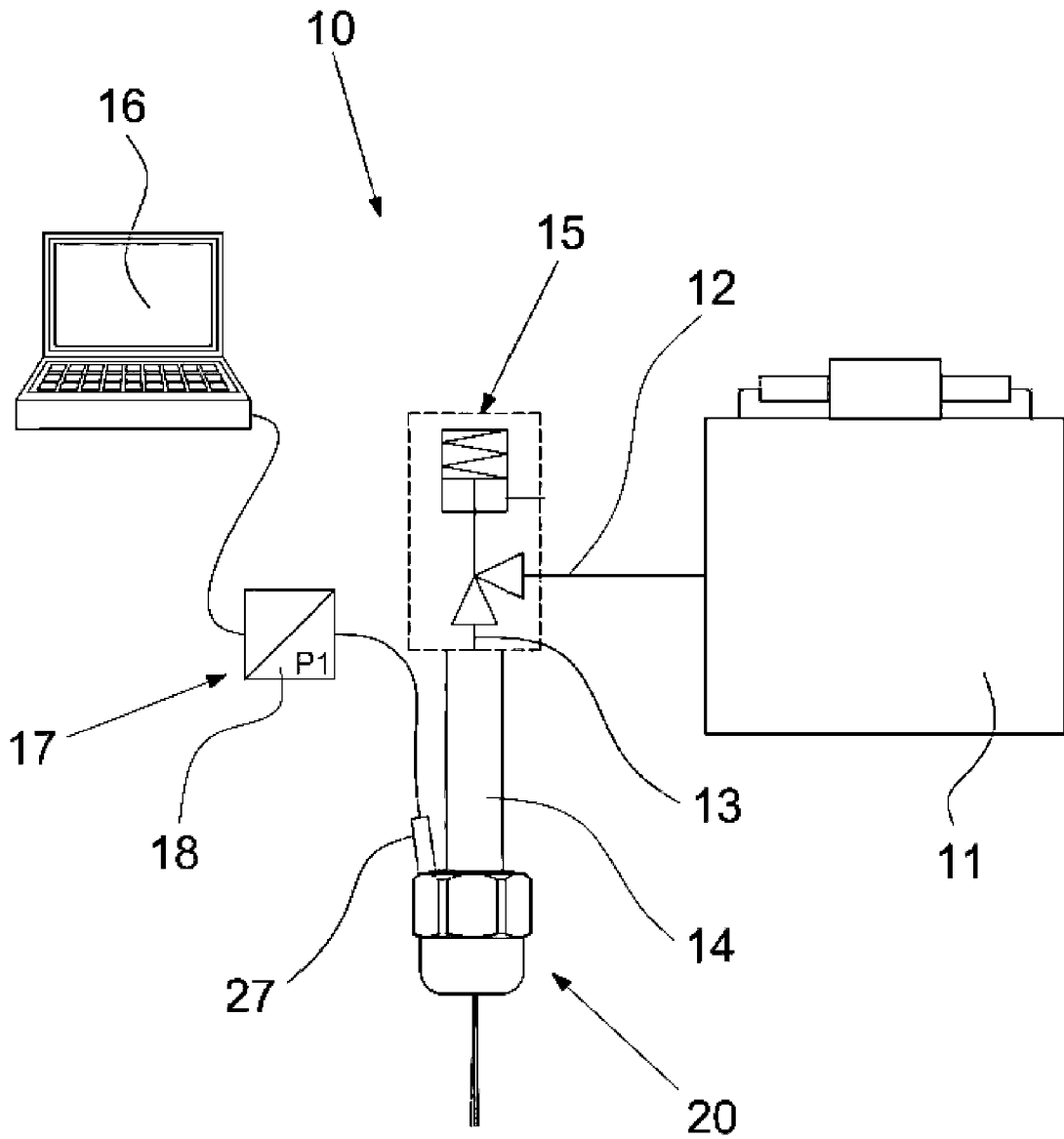


Fig. 2

