



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑪

642 891

⑳ Gesuchsnummer: 10381/79

⑦③ Inhaber:
Laser-Work AG, Winterthur

㉒ Anmeldungsdatum: 21.11.1979

⑦② Erfinder:
Alfred Furrer, Winterthur
Hans Wehrli, Winterthur

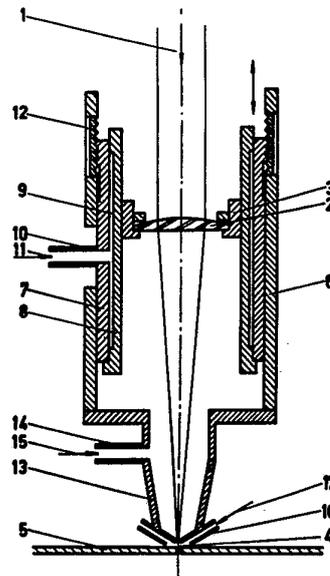
㉔ Patent erteilt: 15.05.1984

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.05.1984

⑦④ Vertreter:
PPS Polyvalent Patent Service AG, Baden

⑤④ **Verfahren und Vorrichtung zur Bearbeitung eines Werkstücks mittels Laserstrahl.**

⑤⑦ Bei der Bearbeitung eines Werkstücks mittels Laserstrahl wird die Fokussierung des Laserstrahls (1) und die Einstellung des Brennflecks (4) in seiner Höhenlage dadurch verkantungsfrei und ohne Nachkorrektur der Koordinaten des Werkstücks (5) erreicht, dass die Fokussierungslinse (2) strikte parallel und koaxial zur optischen Achse geführt wird. Durch aktive Kühlung der Oberfläche des Werkstücks (5) in unmittelbarer Umgebung des Brennflecks (4) wird die kritische Erwärmungszone verringert und die Genauigkeit und Oberflächengüte des Schnittrandes verbessert.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Bearbeitung eines Werkstückes mittels Laserstrahl, wobei ein Laserstrahl erzeugt, gelenkt, durch eine Fokussierungslinse gebündelt und auf die Oberfläche des zu bearbeitenden Werkstücks geworfen wird, wobei ferner dem dadurch erzeugten Brennfleck koaxial zum Laserstrahl ein Gas über eine Düse zugeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennfleck (4) zur Fixierung der Werkstückkoordinaten und/oder einer Düsenöffnung (33) des Laserstrahls in Richtung der Laserstrahlachse (1) relativ zu einem auf dieser Achse liegenden festen Bezugspunkt verschoben wird, und dass die Oberfläche des Werkstücks (5) im Brennfleck (4) und in dessen unmittelbarer Umgebung durch ein konzentrisch auf dieses geführtes Kühlmittel (17) in Form eines Gas- und/oder Flüssigkeitsstromes gekühlt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennfleck (4) zusammen mit der optischen Fokussierungseinrichtung (2) parallel und in Längsrichtung des Laserstrahls (1) verschoben wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein auf einem Kegelmantel eines zum Laserstrahl (1) koaxialen Kegels liegender Flüssigkeitsstrahl, dessen Spitze wenigstens annähernd im Brennfleck (4) liegt, als Kühlmittel (17) des Werkstücks herangezogen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der als Kühlmittel (17) des Werkstücks dienende Flüssigkeitsstrom die Form einer geschlossenen auf einem Kegelmantel liegenden Schleiers aufweist, dessen Spitze sich wenigstens annähernd im Brennfleck (4) befindet.

5. Laserstrahl-Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einer Fokussierungslinse (2) für den Laserstrahl und einer Düse für die Gaszufuhr, dadurch gekennzeichnet, dass die Fokussierungslinse (2) verkantungsfrei in Richtung der optischen Achse koaxial zum Laserstrahl (1) verschiebbar angeordnet ist, dergestalt, dass sie fest in einer in ihrer Längsachse mittels eines Einstellrings (12) in Form eines Gewinderings einstellbaren Hülse (7; 8) gefasst ist, welche sich ihrerseits mit einer genauen Passung in einem Gehäuse (6) befindet, dessen Innenquerschnitt dem Aussenquerschnitt der Hülse (7; 8) entspricht.

6. Laserstrahl-Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Hülse (7; 8) und das Gehäuse (6) je einen hohlzylindrischen Querschnitt aufweisen und dass die erstere mit einem durchgehenden Innengewinde (28) zwecks Aufnahme der Linsenfassung versehen ist.

7. Laserstrahl-Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Hülse aus einer Innen- (7) und einer Aussenhülse (8) besteht, wobei erstere an ihrem äusserem Umfang mäandrierförmige, in ihrem geraden achsparallelen Teil auf je einer Mantellinie liegende, fortlaufend unter sich verbundene Nuten (27) aufweist, welche zusammen mit der Aussenhülse (8) einen durchgehenden Kühlkanal (9) bilden, welcher mit einem flüssigen oder gasförmigen Kühlmittel (11) für die Linsenabkühlung beaufschlagt ist.

8. Laserstrahl-Vorrichtung nach Anspruch 5 und 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Einstellring (12) aus Messing, die Innenhülse (8) und das Gehäuse (6) aus einer Aluminiumlegierung und die Aussenhülse (7) aus einem korrosionsbeständigen Stahl bestehen und dass zwischen der Innen- (8) und der Aussenhülse (7) und zwischen der Aussenhülse (7) und dem Gehäuse (6) je 2 bzw. 1 Dichtungsring (24; 25; 26) vorgesehen sind.

9. Laserstrahl-Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Düse (13) zusätzlich mit mindestens einem auf dem Kegelmantel liegenden, nach dem Brennfleck (4) hin gerichteten Rohr (34) für die Zufuhr eines Kühlmittels (17) versehen ist, wobei die Spitze die-

ses virtuellen Kegels wenigstens annähernd im Brennfleck (4) liegt.

10. Laserstrahl-Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Düse (13) zusätzlich mit einer durch zwei zum Laserstrahl (1) koaxiale Kegelflächen begrenzten, an einen Ringkanal (36) anschliessenden Düse (37) für die Zufuhr eines Kühlmittels (17) versehen ist.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bearbeitung eines Werkstücks mittels Laserstrahl, wobei ein Laserstrahl erzeugt, gelenkt, durch eine Fokussierungslinse gebündelt und auf die Oberfläche des zu bearbeitenden Werkstücks geworfen wird, wobei ferner dem dadurch erzeugten Brennfleck koaxial zum Laserstrahl ein Gas über eine Düse zugeleitet wird.

Die Bearbeitung von vorwiegend flächenhaften Werkstücken mittels Laserstrahl nimmt in der Fertigungstechnik bei der Formgebung von Metallen, Kunststoffen, Holz usw. einen immer breiteren Raum ein. Dabei wird gewissermassen in Anlehnung an die altbekannte autogene Gasschweis- und Schneidtechnik ein in einem optischen System geführter Laserstrahl auf die Werkstückoberfläche fokussiert und das zu bearbeitende Material örtlich derart erhitzt, dass es schmilzt bzw. verdampft oder verbrennt. In der Regel wird die Fokussierung des Laserstrahls durch einen Hohlspiegel oder eine Linse bewerkstelligt und koaxial zum Strahlenkegel eine meist ebenfalls kegelförmige Düse zur Zuführung von inertem oder reaktivem Gas auf die Werkstückoberfläche angeordnet. Solche Verfahren und Vorrichtungen sind bekannt (z.B. VDI-Z 119 [1977] Nr. 20, Oktober, S. 967 u. ff.).

Wesentliche Voraussetzung für ein einwandfreies Arbeiten nach dem Laserstrahlverfahren ist einerseits die grösstmögliche Freiheit der Brennpunktage bezüglich Werkstück und andere Bezugspunkte wie Düsenkopf usw. und grösstmögliche Verringerung der Erwärmungszone des Werkstücks. Diese Bedingungen werden von herkömmlichen Vorrichtungen nur sehr mangelhaft erfüllt. Der ersten Forderung sucht man durch eine in einem Gewinding gefassten und durch Verdrehen in der Höhe verstellbaren Linse gerecht zu werden. Durch die unvermeidlichen Unsymmetrien der Linse bzw. ihrer Fassung sowie des in Kauf genommenen «Spiels» der Linsenbefestigung wird dadurch jedoch die Achslage des Laserstrahls verändert und ein Nach-Einstellen und Nach-Richten der Apparatur ist unvermeidlich. Ansonst wird durch Streifen und Reflektieren des Laserstrahls an der Innenwand der Düse dessen Energie zum Teil verbraucht und ein genaues Fokussieren auf der Werkstückoberfläche verunmöglicht. Die zweite Forderung wird meistens nicht erfüllt, so dass in der Regel scharfkantige Ecken im Grundriss des Werkstücks wegen des auftretenden Wärmestaus nicht sauber und genau ausgeführt werden können.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung anzugeben, welche es ermöglichen, die Lage des Brennpunkts (Brennfleck) des Laserstrahls relativ zur Werkstückoberfläche, relativ zur Düse und relativ zu den Auflagefüssen oder dem Höhenabtaster oder einem anderen geeigneten Bezugspunkt auf einfache Weise in Richtung der Laserstrahlachse ohne Nachjustierung bezüglich der Werkstückkoordinaten zu verschieben.

Es ist ferner Aufgabe der Erfindung, anzugeben wie die Ausdehnung der Erwärmungszonen des Werkstücks verringert und insbesondere die Wärmestauung an kritischen Punkten vermieden werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass der Brennfleck zur Fixierung der Werkstückkoordinaten und/oder einer Düsenöffnung des Laserstrahls in Richtung der Laserstrahlachse relativ zu einem auf dieser Achse liegenden festen Bezugspunkt verschoben wird, und dass die Oberfläche des Werkstücks im Brennfleck und in dessen unmittelbarer Umgebung durch ein konzentrisch auf dieses geführtes Kühlmittel in Form eines Gas- und/oder Flüssigkeitsstromes gekühlt wird; sowie durch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Fokussierungslinse verkantungsfrei in Richtung der optischen Achse koaxial zum Laserstrahl verschiebbar angeordnet ist, dergestalt, dass sie fest in einer in ihrer Längssachse mittels eines Einstellrings in Form eines Gewinderings einstellbaren Hülse gefasst ist, welche sich ihrerseits mit einer genauen Passung in einem Gehäuse befindet, dessen Innenquerschnitt dem Aussenquerschnitt der Hülse entspricht.

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Figuren näher beschrieben.

Dabei zeigt:

Fig. 1 einen schematischen Längsschnitt durch eine Laserstrahl-Vorrichtung,

Fig. 2 einen Längsschnitt durch den optischen Teil eines Laserstrahl-Schneidkopfes,

Fig. 3 eine perspektivische Darstellung eines Düsenstocks des Schneidkopfes mit 4 Zuführungsrohren für das Werkstück-Kühlmittel,

Fig. 4 einen Aufriss und teilweisen Längsschnitt durch einen Düsenstock mit Kegeldüse für das Werkstück-Kühlmittel und

Fig. 5 einen Querschnitt durch den Ring der Kegeldüse nach Fig. 4.

In Fig. 1 ist der schematische Längsschnitt durch eine insbesondere zum Schmelz- und Brennschneiden geeignete Laserstrahl-Vorrichtung dargestellt. Die in einer Linsenfassung 3 untergebrachte Fokussierungslinse 2 konzentriert den ankommenden Laserstrahl 1 im Brennfleck 4 im Bereich der Oberfläche des Werkstücks 5, welches beispielsweise im vorliegenden Fall ein ebenes Blech ist. Im Gehäuse 6 ist ein aus einer Aussenhülse 7 und einer Innenhülse 8 bestehender Gleitkörper koaxial zum Laserstrahl 1 angeordnet, welcher in Längsrichtung des Laserstrahls 1 relativ zum Gehäuse 6 verschiebbar ist. Zwischen den beiden ineinandergesteckten und dicht abschliessenden Hülsen 7 und 8 befindet sich ein Kühlkanal 9 für die Linsen Kühlung, der von einem flüssigen oder gasförmigen Kühlmittel 11 durchströmt wird, welches über den Kühlmittelanschluss 10 zugeführt wird, wobei letzterer gleichzeitig als Führungsstutzen in einer entsprechenden Nut im Gehäuse 6 dienen kann. Der Kühlkanal 9 kann als Ringkanal gestaltet sein, oder er kann aus einzelnen längsachsparellen Nuten oder Riefen bestehen oder sonst in irgend einer Weise ausgebildet sein. Als Kühlmittel 11 wird vorzugsweise Wasser verwendet. Im Gehäuse 6 ist ein als Gewinding ausgeführter Einstellring 12 gelagert, dessen Innengewinde in ein entsprechendes Aussengewinde der Aussenhülse 7 eingreift. Durch Verdrehen des Einstellrings 12 kann die Hülsenkombination 7/8 und somit die Fokussierungslinse 2 parallel zur Längsachse des Laserstrahls 1 relativ zu einem auf diesem angenommenen Bezugspunkt verschoben werden ohne dass sich die Fokussierungslinse dabei verkantet. Am unteren Flansch des Gehäuses 6 befindet sich die mit einem Anschluss 14 für die Gaszufuhr versehene Düse 13. Als Gas 15 kann je nach dem beabsichtigten Verfahren ein inertes Gas (Ar, N₂) oder ein reaktives Gas (O₂) Verwendung finden. An der unteren Partie der Düse 13 befindet sich der

Kühlmittelanschluss 16 für die Werkstückkühlung. Der Anschluss 16 ist dergestalt, dass das Kühlmittel 17 für die Kühlung der Oberfläche des Werkstücks 5 in unmittelbarer Nähe des Brennflecks 4 konzentrisch auf diesen hin zugeführt wird. Demnach kann der Anschluss 16 aus mehreren auf einem Kegelmantel liegenden Rohren bestehen oder als kegelförmiger Ringkanal gestaltet sein, wobei die Spitze des virtuellen Kegels im Brennfleck 4 liegt. Als Kühlmittel 17 ist prinzipiell ein gasförmiges oder flüssiges Medium, vorzugsweise Wasser, einsetzbar.

Fig. 2 zeigt einen Längsschnitt durch eine praktische Ausführung des optischen Teils eines Laserstrahl-Schneidkopfes, welcher die verschiebbare Linse 2 von Fig. 1 (hier nicht gezeichnet) aufnimmt. Das Gehäuse ist zweiteilig ausgeführt und besteht aus dem eigentlichen Gehäuse 6 und dem Gehäuseoberteil 18, welcher mit sechs durch hier nicht gezeichnete Schrauben (vorzugsweise Innensechskantschrauben parallel zur optischen Achse) zusammengehalten ist. Die Gehäuseteile 6 und 18 haben vorzugsweise innen kreisförmigen, aussen quadratischen Querschnitt, können aber prinzipiell beliebige polygonale oder auch teils polygonale, teils kreisrunde oder elliptische Begrenzungsquerschnitte aufweisen. Im allgemeinen werden diese Bauteile zwecks Einsparung von Gewicht und Bearbeitungskosten in AL-Legierungen ausgeführt. Das Gehäuse 6 ist zur strengen Parallelführung der Hülsen 7 und 8 und zur Aufnahme der gleichzeitig als Führungsstutzen dienenden Kühlmittelanschluss 10 mit einer längsachsparellen Führungsnut 31 versehen. Ausserdem weist es eine rechteckige Aussparung 29 für eine Skala 22 auf, an welcher die relative Lage der Hülsen 7/8 abgelesen werden kann. Das Gehäuseoberteil 18 weist an zwei diametral gegenüberliegenden Seiten je eine Aussparung 19 auf, durch welche der in Gehäuse 6 gelagerte Einstellring 12, welcher zu diesem Zweck mit einer Rändelung 21 versehen ist, von Hand gedreht werden kann. Seine relative Stellung kann an der Skala 22 gegenüber einer feststehenden Marke im Gehäuse 6 abgelesen werden. Der Einstellring 12 weist ein Innengewinde 20 auf, in welches das Aussengewinde 23 der Aussenhülse 7 eingreift. Letztere ist gegenüber dem Gehäuse 6 über einen Dichtungsring 24 (vorzugsweise O-Ring) abgedichtet. Vorzugsweise wird der Einstellring 12 aus Messing (verchromt) und die Aussenhülse 7 aus korrosionsbeständigem Stahl gefertigt. Nach oben hin ist die Aussenhülse 7 mit einem Abschlussring 25 (Seegerring) versehen. Die Passung zwischen Gehäuse 6 und Aussenhülse 7 ist dergestalt, dass sich letztere gut dichtend achsparallel von Hand über den Einstellring 12 verschieben lässt (vorzugsweise H7). Die über die Dichtungsringe 26 (O-Ringe) streng eingepasste Innenhülse 8 weist an ihrem äusseren Umfang Kühlkanäle 9 auf, welche im vorliegenden Fall als mäanderförmige Nuten 27 ausgebildet sind, wobei je ein gerader, auf einer Mantellinie liegender Teil mit einem bogenförmigen, am Umfang fortschreitenden Teil abwechselt. Diese Kühlkanäle können auch eine andere Form, beispielsweise parallele Nuten oder schraubenförmige Rillen aufweisen. Die Innenhülse 8 ist auf ihrer Innenfläche mit einem durchgehenden Innengewinde 28 zwecks Befestigung der Linse 2 über die Fassung 3 (Fig. 1) versehen. Dies gestattet, Linsen sehr unterschiedlicher Brennweiten einzubauen, ohne die äussere Geometrie des ankommenden Laserstrahls 1 (Fig. 1) anpassen zu müssen. Die Feineinstellung geschieht mittels des Einstellrings 12. Vorzugsweise wird die Innenhülse 8 ebenfalls in AL-Legierung ausgeführt. Die hier dargestellte Konstruktion bezieht sich auf hohlzylindrische Hülsen 7/8. Der Kreisquerschnitt ist jedoch nicht die einzig gangbare Form, und es können selbstverständlich auch quadratische, sechseckige, achteckige oder andere Querschnitte (z.B. aus Geraden und

Kreisbogen zusammengesetzt) ausgeführt werden, wobei jedoch das Gewindeprinzip an den betreffenden Stellen (20 bzw. 23) beibehalten wird.

Fig. 3 zeigt eine perspektivische Darstellung (gegenüber Betriebslage umgedreht) eines Düsenstocks des Laserstrahl-Schneidkopfes mit 4 Zuführungsrohren für das Werkstückkühlmittel 17 (gemäss Fig. 1). Auf dem Gehäuse 6 sitzt der Düsenflansch 32, welcher die eigentliche Düse 13 mit der Düsenöffnung 33 für den Laserstrahl und den Austritt des inerten oder reaktiven Gases 15 (gemäss Fig. 1) trägt. Der Kühlmittelanschluss 16 für die Werkstückkühlung geht in die vier Zuführungsrohre 34 für die Kühlmittelstrahlen über, welche auf einem virtuellen Kegelmantel liegen, dessen Spitze im Brennfleck 4 (siehe Fig. 1) steht. Auf diese Weise werden die Kühlmittelstrahlen konzentrisch auf die in unmittelbarer Nähe des Brennfleckes 4 sich befindende Werkstückoberfläche geworfen.

Selbstverständlich kann die Anordnung auch mit einer anderen Anzahl (beispielsweise 1, 2, 3, 6, 8 usw.) an Zuführungsrohren 34 ausgeführt werden. Die Wahl hängt vor allem von der Laserleistung und der Dicke des Werkstücks ab.

In Fig. 4 ist ein Aufriss mit teilweise Längsschnitt

durch eine andere Konstruktion eines Düsenstocks mit Kegeldüse dargestellt. Die Düse 13 ist mit dem Düsenflansch 32 fest und gasdicht mit dem Gehäuse 6 verbunden und weist wiederum die Düsenöffnung 33 auf. Der hier nicht gezeichnete Laserstrahl 1 (siehe Fig. 1) erzeugt auf dem Werkstück 5 (siehe Fig. 1) den Brennfleck 4. Konzentrisch zur Düsenachse ist ein Ring 35 für die Kühlmittelzufuhr angeordnet, in welchen der Kühlmittelanschluss 16 mündet. In den Ring 35 ist ein torusförmiger Ringkanal 36 für das Kühlmittel 17 (gemäss Fig. 1) eingearbeitet. Dieser geht in Richtung auf den Brennfleck 4 hin in eine Kegeldüse 37 zur Erzeugung eines kegelförmigen Kühlmittelschleiers über, welcher konzentrisch auf die Werkstückoberfläche im Brennfleck 4 auftrifft.

Fig. 5 zeigt einen Querschnitt durch den Ring 35 der Kegeldüse 37 gemäss Fig. 4. Die übrigen Bezugszeichen entsprechen der Fig. 4 und erklären sich von selbst.

Die anhand der Figuren aufgezeigte senkrechte Bearbeitungsweise gilt in analoger Weise auch für schiefwinklige Anwendungen. In praxi wird die Vorrichtung, beispielsweise zum Bohren oder zur Feinbearbeitung in Winkeln bis zu $\pm 80^\circ$, zu einer auf dem Werkstück ausgerichteten Normalen erfolgreich eingesetzt.

Fig. 1

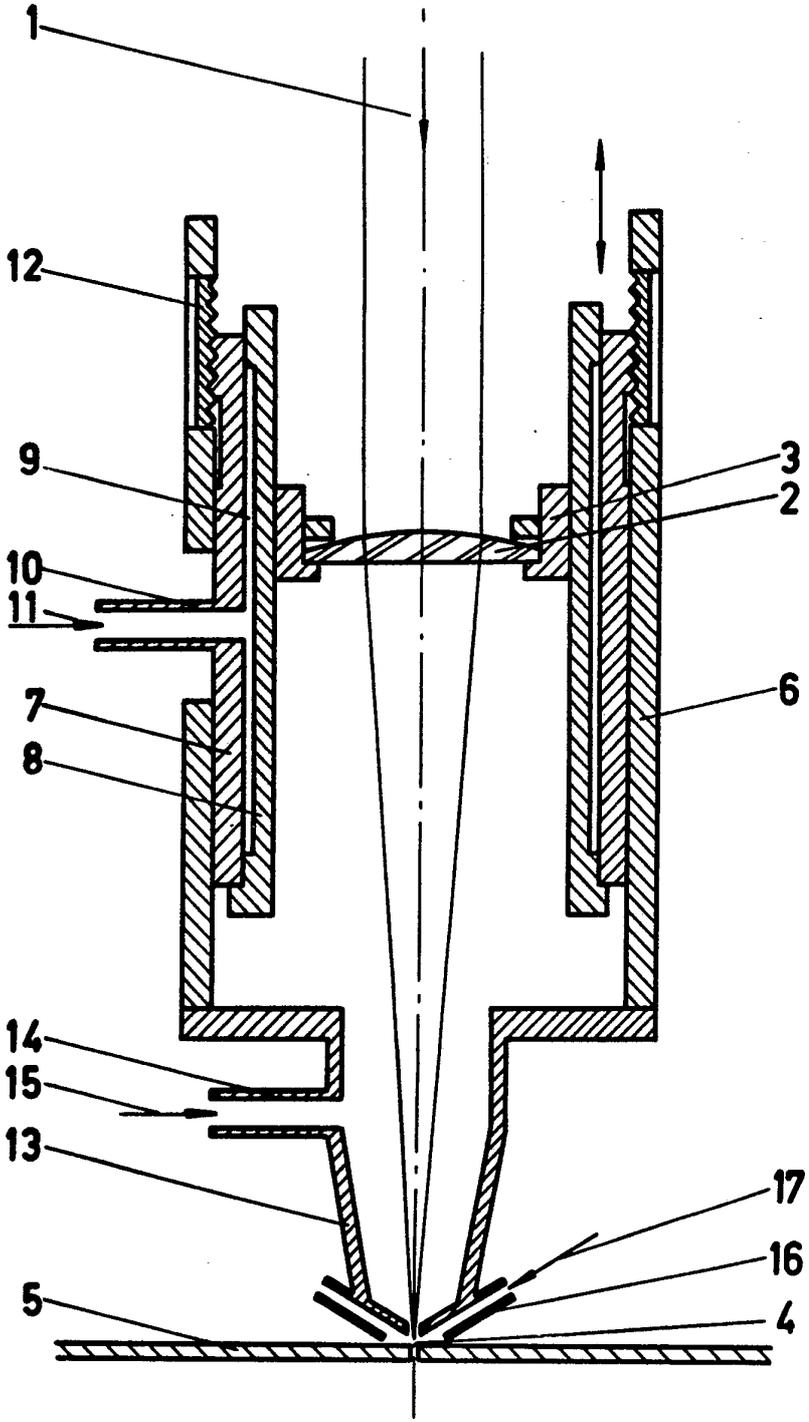


Fig. 2

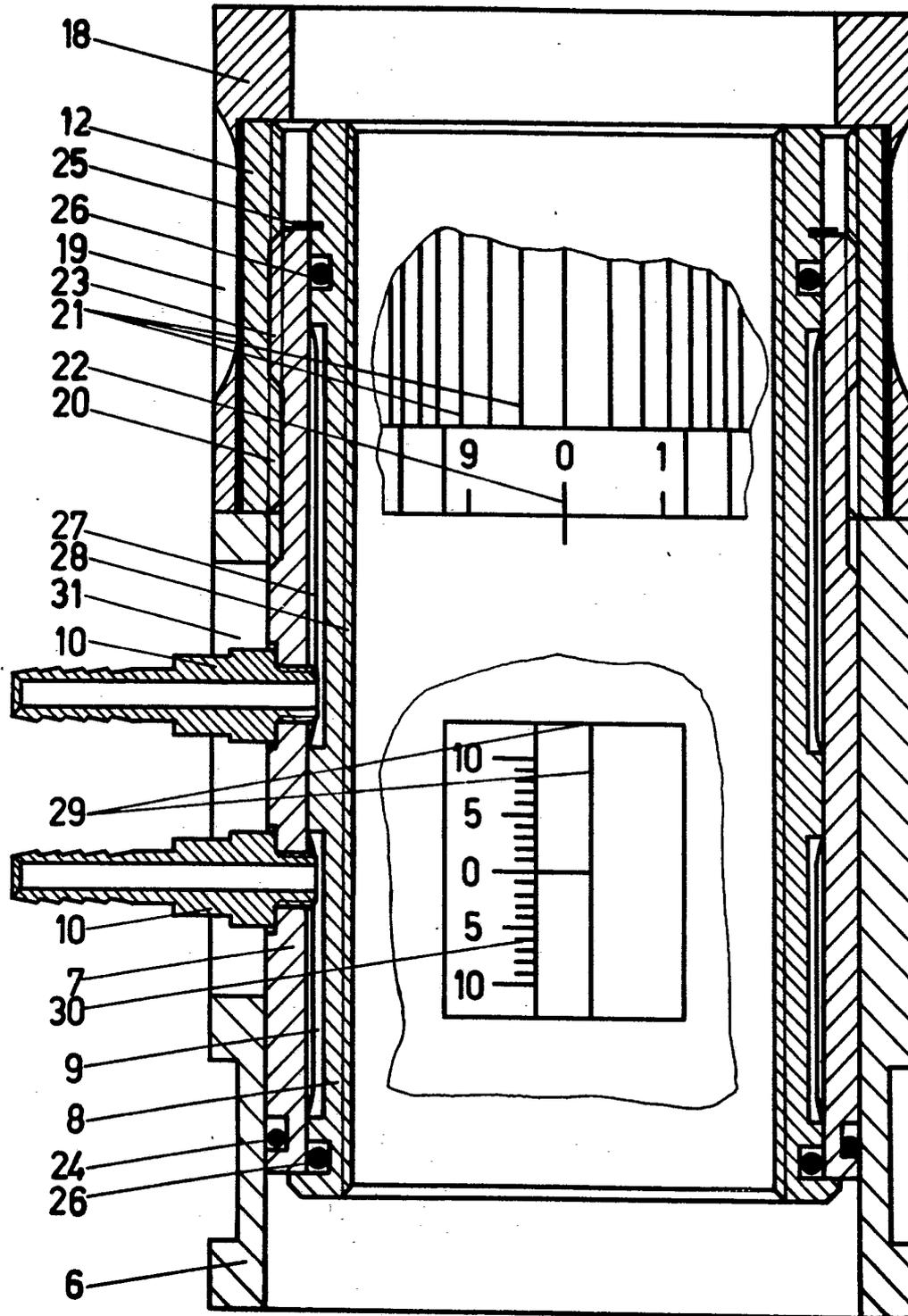


Fig.3

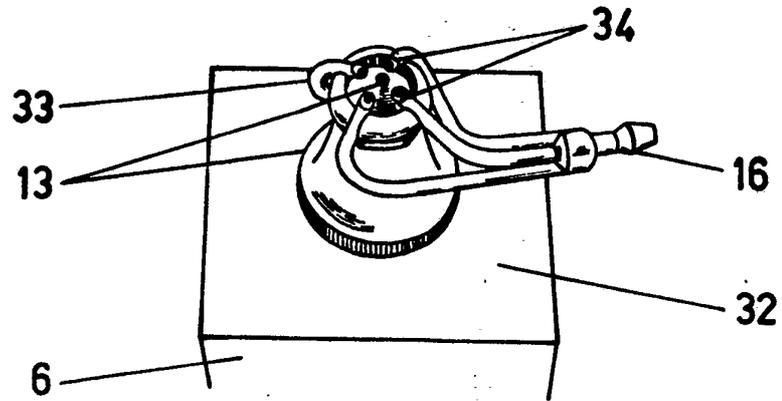


Fig.4

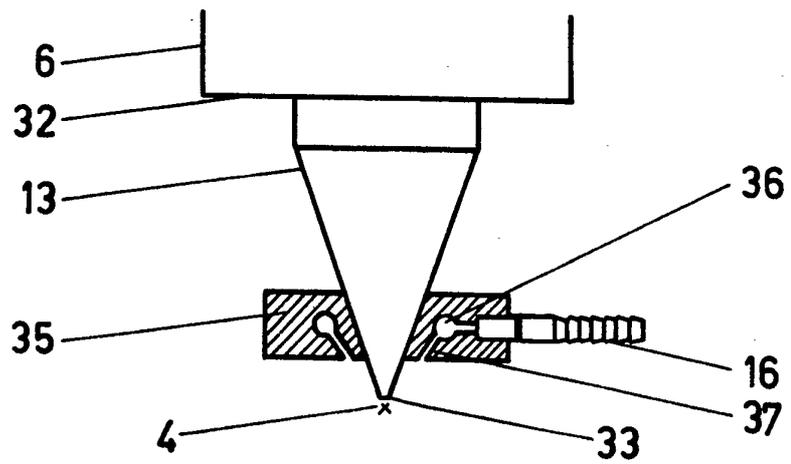


Fig.5

