(19) Republik Österreich Patentamt

(11) Nummer: AT 401 245 B

(12) # PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 2372/91

(51) Int.Cl.[6] : B23K 26/00

(22) Anmeldetag: 28.11.1991

(42) Beginn der Patentdauer: 15.12.1995

(45) Ausgabetag: 25. 7.1996

(56) Entgegenhaltungen:

DD 158622C US 4468534A US 4924062A

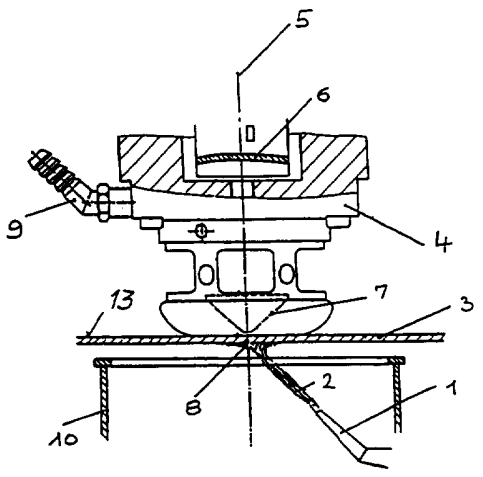
(73) Patentinhaber:

NOVAK PAUL DIPL.ING.
A-1150 WIEN (AT).

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM SCHNEIDEN MITTELS EINES LASERSTRAHLES

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schneiden mittels eines Laserstrahles unter Vorwärmen des zu schneidenden Materials über die Ausgangstemperatur im Bereich der Schneidstelle, wobei das Schneiden von gut wärmeleitenden Metallen, wie z.B. Bunt- und Leichtmetallen, insbesondere Kupfer und Aluminium, mit einer Geschwindigkeit ausgeführt wird, die geringer ist als die Wärmeausbreitungsgeschwindigkeit in dem zu schneidenden Metall, wogegen das Schneiden anderer Metalle als Bunt- und Leichtmetalle, insbesondere das Schneiden von Stahl, z.B. Edelstahl, mit einer Geschwindigkeit ausgeführt wird, die ungefähr gleich der Wärmeausbreitungsgeschwindigkeit in dem zu schneidenden Material ist.

Weiters betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Schneiden von Metallen, wie Stahl, Kupfer und Aluminium mittels eines Laserstrahles, mit einem Laserschneidkopf 4 zum Fokussieren eines Laserschneidstrahles und einer im Bereich des Schneidkopfes 4 angeordneten Wärmequelle 2, 11 zum Erwärmen des Materials im Bereich der Schneidstelle, wobei die Wärmequelle in an sich bekannter Weise oberhalb und/oder unterhalb der Schneidebene 13 angeordnet ist.



AT 401 245 B

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Schneiden mittels eines Laserstrahles, unter Vorwärmen des zu schneidenden Materials über die Ausgangstemperatur im Bereich der Schneidstelle.

Bei schon bekannten Prozessen des Laserschneidens wird der Strahl eines Hochleistungslasers, wie etwa eines Kohlendioxyd- oder Nd:YAG-Lasers mit einer Leistung im Bereich von wenigen 100 bis etwa 2000 Watt durch eine Linse scharf gebündelt und über das Werkstück entlang der gewünschten Schnittlinie geführt. Dabei wird das Material, jeweils an der Stelle, an der der Laserstrahl auf das Werkstück trifft, unterhalb des Fokus der Strahlung aufgeschmolzen. Ist die Intensität der Strahlung groß genug und ist die Schnittgeschwindigkeit nicht zu hoch, so bildet sich ein Kanal aus flüssigem Material, der von der Oberseite des Werkstücks bis zu seiner Unterseite reicht und dessen Ausdehnung im Prinzip durch den Durchmesser des Laserstrahls bestimmt wird. Durch einen zum Laserstrahl koaxial verlaufenden Gasstrahl wird das flüssige Material dann ausgetrieben, womit ein Materialabtrag erfolgt und sich ein Spalt im Material ausbildet. Zur Erzeugung dieser gerichteten Gasströmung ist unterhalb der für die Fokussierung des Laserstrahls verwendeten Linse eine Düse angebracht, aus der sowohl der gebündelte Laserstrahl wie auch der Schneidgasstrahl zur Werkstückoberfläche hin austreten. Wird für den Schneidgasstrahl ein reaktives Gas, wie etwa Sauerstoff, verwendet, so tritt zusätzlich noch eine Erwärmung durch exotherme Reaktion des Sauerstoffs mit dem flüssigen Material, wie etwa Stahl, auf, was zu einer weiteren Erhöhung der Effizienz des Prozesses führt (Laserbrennschneiden). Auf diese Weise kann etwa Stahl mit einer Dicke von einigen Millimetern mit einer Geschwindigkeit bis zu einigen Metern pro Minute mit hoher Schnittqualität geschnitten werden.

Bei zu hoher Schnittgeschwindigkeit nimmt die Schnittqualität stark ab und das Werkstück erwärmt sich kräftig. Beide Nachteile treten auch bei zu geringer Schnittgeschwindigkeit auf.

Beim Schneiden von Werkstoffen unter Einsatz von Lasern wurde es bekannt (DD-PS 15 86 22), einen parallelen Eingangsstrahl mit Ausnahme eines zentralen Strahlenbündels so zu fokussieren, daß hinter einer entsprechend abgeflacht gefertigten Sammellinse der entstehende Fokus sich inmitten des zentralen, unfokussierten Parallelstrahlenbündels befindet. Dabei bewirkt das den Fokus umgebende unfokussierte Parallelstrahlenbündel einen vorlaufenden und allseitigen Wärmeeffekt auf den zu bearbeitenden Werkstoff, ohne selbst abtragend zu wirken.

Beim Schneiden von getempertem Glas mittels Laserstrahls wurde es zur Vermeidung bzw. Verminderung eines Wärmeschockes bekannt (US-PS 44 68 534) vorzuheizen, wofür Flammen oder ein heißer Gasstrom oder andere Methoden, die eine ausreichend hohe Temperatur erzielen lassen, in Frage kommen.Die Wärmquelle ist dabei oberhalb der Schneidebene (Glastafel) angeordnet. Das Vorwärmen ist dabei so zu führen, daß ein Schmelzen oder Erweichen des Glases nicht auftritt.

Aufgabe der Erfindung ist es nun, auch bei gesteigerter Schnittgeschwindigkeit eine gute Schnittqualität zu erzielen. Hiezu wird für ein Verfahren der eingangs erwähnten Art vorgeschlagen, erfindungsgemäß das Schneiden gut wärmeleitender Metalle, wie z.B. Bunt- und Leichtmetalle, insbesondere Kupfer und Aluminium, mit einer Geschwindigkeit auszuführen, die geringer ist als die Wärmeausbreitungsgeschwindigkeit in dem zu schneidenden Metall, wogegen das Schneiden anderer Metalle als Bunt- und Leichtmetalle, insbesondere das Schneiden von Stahl, z.B. Edelstahl, mit einer Geschwindigkeit ausgeführt wird, die ungefähr gleich der Wärmeausbreitungsgeschwindigkeit in dem zu schneidenden Material ist.

Durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen gelingt eine Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit (bis zum Doppelten) oder bei gleichbleibender, an sich schon hoher Schnittgeschwindigkeit eine erhebliche Verbesserung der Schnittqualität. Dieser Effekt zeigte sich vor allem bei Aluminium und Kupfer, aber auch bei anderen metallischen Werkstoffen, insbesondere auch bei Edelstahl.

Zum Verständnis des erfindungsgemäßen Verfahrens ist darauf hinzuweisen, daß sich beim Laserschneiden eine geschmolzene Zone bildet, die sich mit Schnittgeschwindigkeit durch das Werkstück bewegt. Dabei wird an der in Schneidrichtung gelegenen Vorderseite der geschmolzenen Zone festes Material aufgeschmolzen, das dann in die Schmelzzone einfließt und durch die Reibung zwischen dem Schneidgasstrahl und der geschmolzenen Masse an der Unterseite des Werkstücks ausgetrieben wird, wodurch an der Rückseite der geschmolzenen Zone Material fehlt und ein Spalt gebildet wird. Für die Energiebilanz dieses Vorganges sind zwei Geschwindigkeiten maßgebend, nämlich die Schnittgeschwindigkeit (d.i. die Geschwindigkeit, mit der sich die geschmolzene Masse gemeinsam mit dem Laserstrahl und dem Schneidgasstrahl durch das Werkstück bewegt) und die Geschwindigkeit, mit der sich die Wärme von der Schmelzzone ausgehend zu den noch kalten Werkstückzonen in Schneidrichtung hin bewegt. Genauer betrachtet handelt es sich dabei um diejenige Geschwindigkeit, mit der sich die Schmelztemperatur in Richtung kälterer Zonen hin fortbewegt. Diese Geschwindigkeit der Temperaturausbreitung hängt im wesentlichen vom Quotienten aus Wärmeleitfähigkeit und spezifischer Wärme ab. In Folge des negativen Temperaturkoeffizienten der Wärmeleitfähigkeit führt eine Erhöhung der Werkstücktemperatur zu einer

Verringerung der Wärmeausbreitungsgeschwindigkeit.

Ist nun die Schnittgeschwindigkeit etwa gleich groß wie die Geschwindigkeit der Wärmeausbreitung, so wird an der jeweiligen Grenze zwischen geschmolzenem und festem Material die gesamte, aus dem flüssigen Material in Richtung zum festen Material hin fließende Wärme zum Erwärmen und Aufschmelzen des festen Materials im Zuge des Vorrückens der geschmolzenen Zone in Schneidrichtung verwendet und es bleibt kaum mehr Wärme zur Ableitung in die kälteren Zonen, jedenfalls in Schneidrichtung, übrig, so daß es zu keiner nennenswerten Erwärmung des Werkstücks kommt, ein Fall, wie er beim einwandfreien Schneiden von Stahl vorliegt.

Ist die Schnittgeschwindigkeit hingegen kleiner als die Wärmeausbreitungsgeschwindigkeit, so wird einerseits ein beträchtlicher Teil der vom Laser und durch Reaktion des Schneidgasstrahles mit dem geschmolzenen Material zugeführten Wärme in die kälteren Zonen des Werkstücks abgeleitet, so daß sich das letztere dadurch stärker erwärmt. Darüberhinaus wächst die geschmolzene Zone so lange an, bis ihre Masse für eine stabile Aufrechterhaltung zu groß wird und sie dann allenfalls als Ganzes abgerissen wird, worauf sich dann erst wieder eine neue Schmelzzone aufbauen muß, so daß insgesamt der ganze Vorgang instabil wird und zu fluktuieren beginnt, was sich in einer verschlechterten Schnittqualität ausdrückt.

Wird anderseits die Schnittgeschwindigkeit größer gewählt als die Geschwindigkeit der Wärmeausbreitung, so eilt der Laserstrahl der geschmolzenen Zone vor, so daß er das Werkstück in noch kühleren Regionen an der Vorderseite der geschmolzenen Zone (in Schneidrichtung gesehen) trifft, was dazu führt, daß das Werkstück kräftig erwärmt wird, die geschmolzene Zone jedoch eine zu geringe Energiezufuhr erfährt und zu schrumpfen beginnt und schließlich abreißt, was dann von einem neuerlichen Aufbau der geschmolzenen Zone gefolgt werden muß. Damit wird aber auch bei gegenüber der Wärmeausbreitungsgeschwindigkeit vergrößerter Schnittgeschwindigkeit der ganze Vorgang instabil und fluktuierend, so daß die Schnittqualität entscheidend verringert wird.

Im Falle des Schneidens von Bunt- und Leichtmetallen, wie etwa Kupfer oder Aluminium, die hohe Wärmeleitfähigkeit besitzen, ist die Wärmeausbreitungsgeschwindigkeit stets höher als die Schnittgeschwindigkeit. Der oben beschriebene Effekt einer gegenüber der optimalen Schnittgeschwindigkeit entweder zu großen oder zu kleinen Geschwindigkeit, wird dann noch dadurch überlagert, daß bei steigender Schnittgeschwindigkeit das Werkstück auch bei gleichbleibender Laserleistung immer weniger erwärmt wird, da die Wärme keine Zeit hat, ins Werkstück einzudringen.

Aus diesem Grund wird etwa bei Bunt- und Leichtmetallen, wie Kupfer und Aluminium, bei denen, wie schon erwähnt, die Wärmeausbreitungsgeschwindigkeit relativ hoch ist, eine optimale Schnittgeschwindigkeit unterhalb der Wärmeausbreitungsgeschwindigkeit erzielt. Wird diese überschritten, so sinkt die Schnittqualität ab, da nicht genug Wärme zum Aufschmelzen des gemäß Spaltbreite und Schnittgeschwindigkeit auszutreibenden Materials zur Verfügung steht. Ein Vorwärmen des Materials in der Umgebung des Bearbeitungspunktes erlaubt es daher, entweder bei gleichbleibender Schnittqualität die Bearbeitungsgeschwindigkeitzu erhöhen oder bei gegebener, aber zu hoher Schnittgeschwindigkeit die Qualität der Bearbeitung zu verbessern. Dieser Effekt wird noch dadurch verstärkt, daß in Folge des bereits erwähnten negativen Temperatur-Koeffizienten der Wärmeleitfähigkeit die Wärmeausbreitungsgeschwindigkeit verringert wird, was zu einer Reduktion der Wärmeleitungsverluste führt.

Bei Anwendung des erfindungsgemäßen Schneidverfahrens konnte durch Vorwärmen von Aluminium auf 100 - 200 ° C über Raumtemperatur bei gegebener, an sich für die Erzielung guter Qualität zu hoher Schnittgeschwindigkeit eine wesentliche Verbesserung der Schnittqualität erzielt werden.Darüberhinaus konnte ebenfalls bei Aluminium bei gleichbleibender Schnittqualität ebenfalls durch Vorwärmen auf 100 - 200 °C über Raumperatur eine Verdopplung der Schnittgeschwindigkeit erzielt werden. Für Kupfer wurden ähnliche Ergebnisse erhalten.

Eine Vorrichtung zum Schneiden von Metallen, wie Stahl, Kupfer und Aluminium, die mit einem Laserschneidkopf zum Fokussieren eines Laserschneidstrahles und einer im Bereich des Schneidkopfes angeordneten Wärmequelle zum Erwärmen des Materials im Bereich der Schneidstelle ausgerüstet ist, zeichnet sich dadurch aus, daß erfindungsgemäß die Wärmequelle in an sich bekannter Weise oberhalb und/oder unterhalb der Schneidebene angeordnet ist.

Eine besonders einfach zu verwirklichende Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmequelle in an sich bekannter Weise von einem heißen Gasstrom und/oder von einer Gasflamme wie ebenfalls an sich bekannt, bzw. von mehreren, um die optische Achse des Schneidlasers herum angeordneten Gasflammen, gebildet ist. In einer aufwendigen Ausgestaltung kann jedoch die Wärmquelle von einem zusätzlich zum Schneidlaser vorgesehenen Laserstrahl gebildet sein, der bevorzugt dem Schneidlaser verlaufend angeordnet ist. Das Vorwärmen kann auch durch Induktion von Wirbelströmen, gegebenenfalls als zusätzliche Wärmquelle zu einer oder mehreren der vorstehend bereits erwähnten Typen von Wärmequellen erfolgen.

Zur Zufuhr eines heißen Gasstromes kann in der Vorrichtung ein die optische Achse des Schneidlasers umschließender Ringkörper mit gegen die Schneidebene offener, ringförmiger Warmluftkammer vorgesehen sein, in welche ein Anschlußstück für die Warmluftzufuhr einmündet.

Die vorstehend erwähnten Warmequellen können in einer Vorrichtung auch kombiniert angeordnet und eingesetzt werden.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten Vorrichtungen beispielsweise näher erläutert. Es zeigen, Fig. 1 in einer Seitenansicht, teilweise geschnitten, ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, bei der für das Vorwärmen ein Gasbrenner vorgesehen ist, und Fig. 2 eine gegenüber Fig. 1 abgeänderte Ausführung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, bei der zur Heißluftzufuhr ein Vorwärmschuh angewendet wird.

In Fig. 1 ist mit 1 ein Gasbrenner bezeichnet, dessen Flamme 2 auf die Unterseite des zu schneidenden Werkstückes 3 so gerichtet ist, daß die stärkste Erwärmung des Werkstücks unterhalb der Mitte des Schneidkopfes 4 erfolgt. Durch die gleichmäßige Ausbreitung der Wärme in alle Richtungen ist eine Vorwärmung des Materials zum Schneiden in jede Richtung durch diese Vorrichtung gewährleistet. Ist die Vorwärmung mit einem einzigen Brenner nicht ausreichend, sind ringförmig angeordnete Brenner ober- und/oder unterhalb des Werkstücks (der Schneidebene) vorzusehen. Der weitere Ablauf des Laserschneidens erfolgt in der bekannten Weise dadurch, daß der Laserstrahl, dessen optische Achse mit 5 bezeichnet ist, durch eine Fokussierlinse 6 fokussiert wird und durch eine Düse 7 an den Bearbeitungspunkt 8 gelangt. Durch eine Schneidgaszuführung 9 gelangt das Schneidgas ebenfalls über die Düse 7 zum Bearbeitungspunkt, wodurch der Austrieb des aufgeschmolzenen Materials erfolgt, das durch eine unter dem Werkstück 3 angeordnete Absaugung 10 in einen Auffangbehälter abgesaugt werden kann. Träger der Fokussierlinse 6, der Schneiddüse 7 und der Schneidgaszuführung 9 ist der Schneidkopf 4.

Bei der in Fig. 2 dargestellten Vorrichtung erfolgt die Vorwärmung durch einen oberhalb der Schneidebene 13 angeordneten Ringkörper 11 (Vorwärmschuh). Die Warmluft wird über ein Anschlußstück 12 einer gegen das Werkstück 3 offenen Warmluftkammer 12a im Ringkörper 11 zugefüsrt und erwärmt das Werkstück 3 symmetrisch zum Schneidkopf 4 bzw. symmetrisch zur optischen Achse 5 des Lasers, sodaß das Werkstück 3 unabhängig von der Schneidrichtung immer mit der gleichen Vorwärmtemperatur für den Schneidprozeß zur Verfügung steht. Die Warmluft strömt durch den Spalt zwischen dem unteren Rand der Wandung der Warmluftkammer 12a und der Oberfläche des Werkstückes 3 aus (Pfeil 14).

In Fig. 2 ist nur ein oberhalb der Schneidebene 13 angeordneter Ringkörper 11 gezeigt. Der Ringkörper kann auch unterhalb der Schneidebene 13 angeordnet werden. Wenn die Vorwärmung durch Warmluftzufuhr aus einem einzigen Ringkörper nicht ausreicht, können ebenso zwei derartige Ringkörper oberhalb bzw. unterhalb der Schneidebene symmetrisch einander gegenüberliegend angeordnet werden.

Sollte es bei einer speziellen Anwendung eine ausgezeichnete Schneidrichtung geben, kann der Vorwärmschuh auch asymmetrisch nur in Richtung des Schnitts ausgeführt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schneiden mittels eines Laserstrahles unter Vorwärmen des zu schneidenden Materials über die Ausgangstemperatur im Bereich der Schneidstelle, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Schneiden gut wärmeleitender Metalle, wie z.B. Bunt- und Leichtmetalle, insbesondere Kupfer und Aluminium, mit einer Geschwindigkeit ausgeführt wird, die geringer ist als die Wärmeausbreitungsgeschwindigkeit in dem zu schneidenden Metall, wogegen das Schneiden anderer Metalle als Bunt- und Leichtmetalle, insbesondere das Schneiden von Stahl, z. B. Edelstahl, mit einer Geschwindigkeit ausgeführt wird, die ungefähr gleich der Wärmeausbreitungsgeschwindigkeit in dem zu schneidenden Material ist.

2. Vorrichtung zum Schneiden von Metallen, wie Stahl, Kupfer und Aluminium mittels eines Laserstrahles, nach einem Verfahren gemäß Anspruch 1, mit einem Laserschneidkopf zum Fokussieren eines Laserschneidstrahles und einer im Bereich des Schneidkopfes angeordneten Wärmequelle zum Erwärmen des Materials im Bereich der Schneidstelle, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Wärmequelle in an sich bekannter Weise oberhalb und/oder unterhalb der Schneidebene (13) angeordnet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Wärmequelle in an sich bekannter Weise von einem heißen Gasstrom und/oder von einer Gasflamme (2) wie ebenfalls an sich bekannt, bzw. von mehreren, um die optische Achse (5) des Schneidlasers herum angeordneten Gasflammen, gebildet ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Wärmequelle von einem zusätzlich zum Schneidlaser vorgesehenen Laserstrahl gebildet ist, der bevorzugt dem Schneidlaser vorlaufend angeordnet ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die durch Induktion von Wirbelströmen erzeugte Wärme die Wärmequelle bildet.

6. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Zufuhr des heißen Gasstromes (14) ein die optische Achse (5) des Schneidlasers umschließender Ringkörper (11) mit gegen die Schneidebene (13) offener, ringförmiger Warmeluftkammer (12a) vorgesehen ist, in welche ein Anschlußstück (12) für die Warmluftzufuhr einmündet (Fig. 2), wobei gegebenenfalls ein zweiter, symmetrisch zur Schneidebene (13) angeordneter, Ringkörper mit gegen die Schneidebene (13) ebenfalls offener Warmluftkammer vorgesehen ist.

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT
Ausgegeben 25. 7.1996
Blatt 1

Patentschrift Nr. AT 401 245 B
Int. Cl.[6] : B23K 26/00

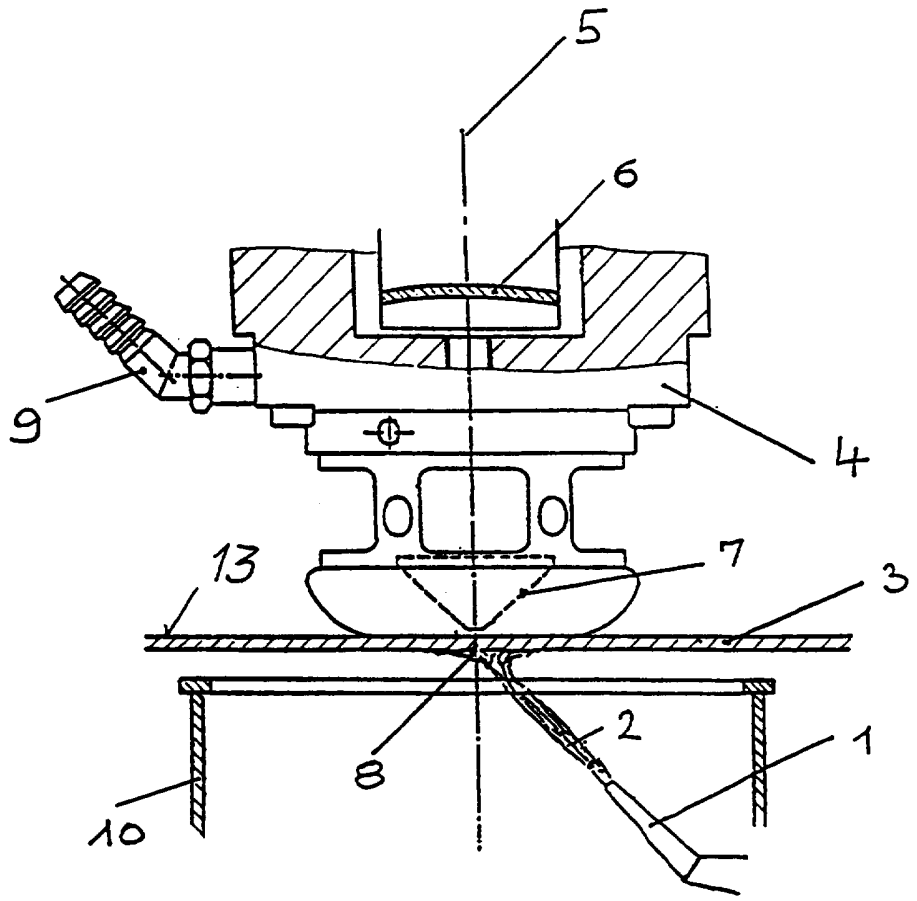


FIG.1

ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT
Ausgegeben 25. 7.1996
Blatt 2

Patentschrift Nr. AT 401 245 B
Int. Cl.[6] : B23K 26/00

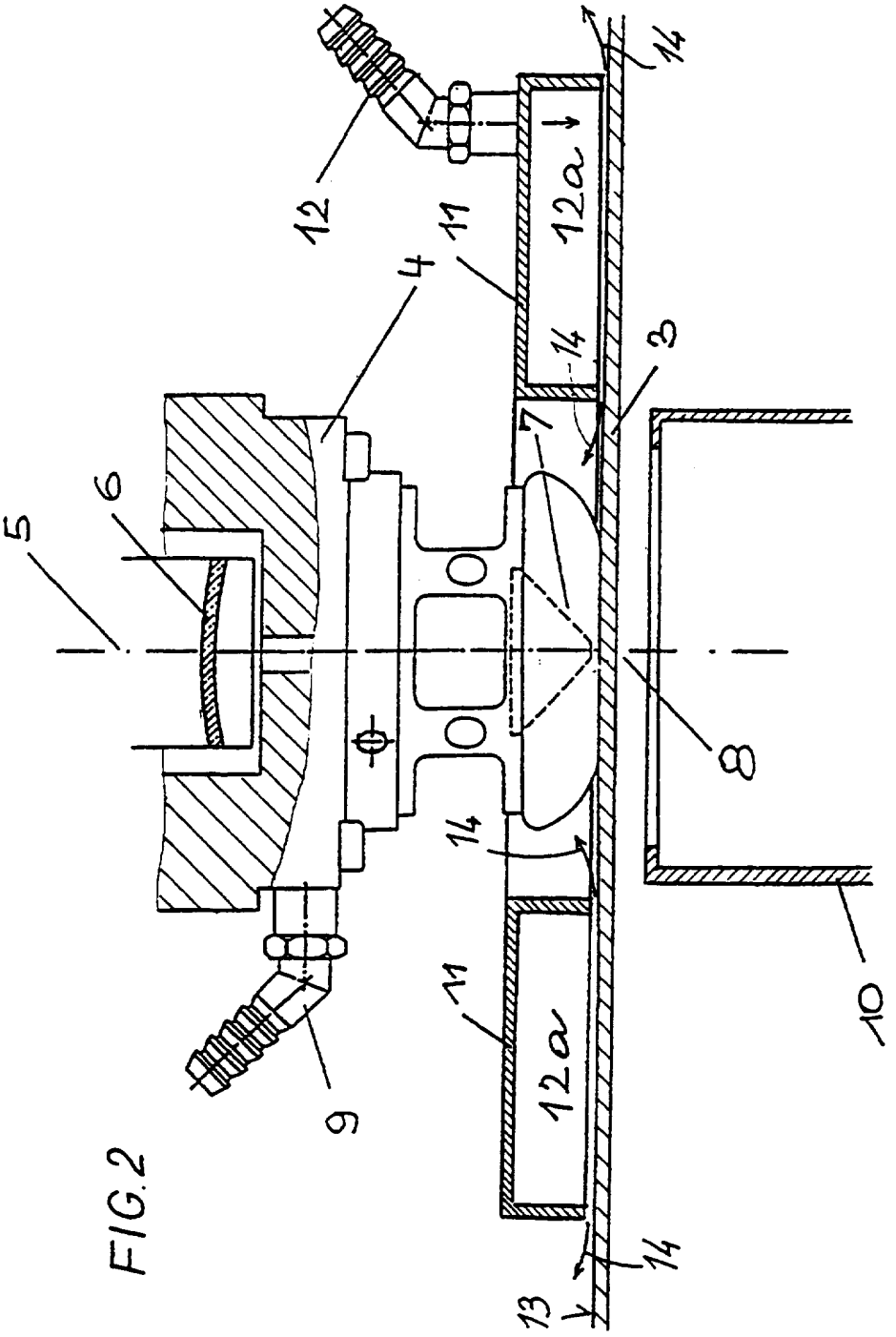


FIG.2