



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 653 938 A5

⑤① Int. Cl.4: B 23 K 26/02

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

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 6794/81

㉔ Anmeldungsdatum: 23.10.1981

㉓ Priorität(en): 23.10.1980 JP 55-147676
17.06.1981 JP 56-92392

㉒ Patent erteilt: 31.01.1986

㉑ Patentschrift
veröffentlicht: 31.01.1986

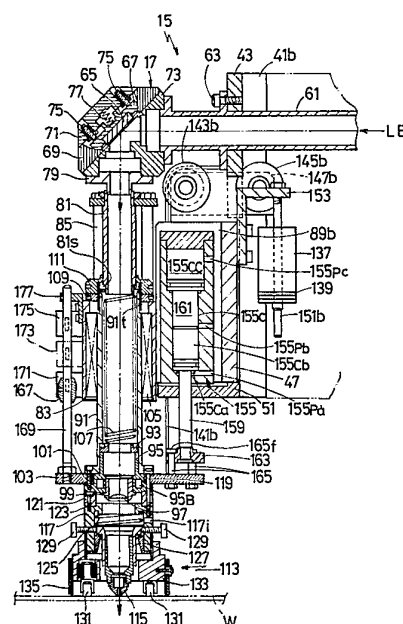
㉑ Inhaber:
Amada Company, Limited,
Isehara-shi/Kanagawa-ken (JP)

㉒ Erfinder:
Tsutsumi, Akira, La Mirada/CA (US)

㉓ Vertreter:
Patentanwalts-Bureau Isler AG, Zürich

⑤④ Laser-Bearbeitungsmaschine.

⑤⑦ Ein horizontaler Laserstrahl (LB) wird durch einen Spiegel (65) in die vertikale Richtung abgelenkt und läuft durch ein festes Rohr (81), ein gegen den Druck einer Feder (107) vertikal verschiebbares Rohr (91), eine am unteren Ende des verschiebbaren Rohrs (91) lösbar befestigte Sammellinse (97) und anschliessend durch eine Düseneinrichtung (113), durch welche der Laserstrahl (LB) zusammen mit einem Hilfgas zum unterhalb der Düseneinrichtung (113) befindlichen Werkstück (W) gebracht wird. Eine Stellmutter (109) erlaubt zusammen mit einer Spannmutter (111) und einem Gewinde (91t) des verschiebbaren Rohrs (91) dessen vertikale Verschiebung und damit eine Lageänderung des Brennpunkts der Sammellinse (97). Ein Ausgleichsgewicht (137) ermöglicht zusammen mit der Feder (107) eine ruhige Bewegung des verschiebbaren Rohrs (91). Diese Laser-Bearbeitungsmaschine ist insbesondere dazu geeignet, folien- oder blechförmige Werkstücke, die gebogen oder gekrümmt sein können, zu beschneiden oder mit Ausnehmungen zu versehen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Laser-Bearbeitungsmaschine, gekennzeichnet durch eine Bearbeitungsvorrichtung (15), in welcher eine Sammellinse (97, 239) und eine Düseneinrichtung (113, 267) vertikal verschiebbar angeordnet sind.

2. Laser-Bearbeitungsmaschine nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Düseneinrichtung (113, 267) lösbar auf der Bearbeitungsvorrichtung (15) angeordnet ist.

3. Laser-Bearbeitungsmaschine nach Patentanspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine Gewichts-Ausgleichsvorrichtung (137, 141a, 141b, 213a, 213b) zum Ausgleichen des Gewichts der Düseneinrichtung (113, 267) und der mit dieser verbundenen Bauteile (91, 97, 227, 239).

4. Laser-Bearbeitungsmaschine nach einem der Patentansprüche 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die vertikale Lage der Düseneinrichtung (113, 267) und der mit ihr verbundenen Bauteile (91, 97, 227, 239) veränderbar ist.

5. Laser-Bearbeitungsmaschine nach einem der Patentansprüche 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Antrieb (257) angeordnet ist, um die Sammellinse in vertikaler Richtung einstellbar zu verschieben.

6. Laser-Bearbeitungsmaschine nach einem der Patentansprüche 1, 2, 3, 4 oder 5, gekennzeichnet durch eine stossdämpfende Einrichtung (219a, 219b) zur Aufnahme von Stössen, welche durch die Vertikalverschiebung der Düseneinrichtung (113, 267) und der damit verbundenen Bauteile (137, 141a, 141b, 213a, 213b) verursacht werden.

Die Erfindung betrifft eine Laser-Bearbeitungsmaschine nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Es handelt sich dabei insbesondere um Maschinen, welche folien- oder blechförmige Werkstücke, wie Metallbleche, mit Hilfe von Laserstrahlen, die von Laserresonatoren abgegeben werden, beschneiden oder mit Ausnehmungen versehen.

Es ist bekannt und in der Industrie weit verbreitet, Laserstrahlen zur Bearbeitung von verschiedenen metallischen und nichtmetallischen Werkstoffen, wie beispielsweise Eisen, Nickel und nickelhaltigen Stoffen, Kunststoffen, Gummi und Glas zu verwenden. Für solche Bearbeitungen werden die Laserstrahlen von einem Laserresonator erzeugt und zusammen mit einem Hilfsgas, beispielsweise Sauerstoffgas (O_2) durch eine Düse zu dem zu bearbeitenden Werkstoff gebracht, nachdem sie durch eine Sammellinse fokussiert worden sind.

Bisher wurden Laserstrahlen allerdings selten zur Bearbeitung von folien- oder blechartigen Werkstoffen, wie zum Schneiden von Metallblechen in grossen Mengen und zur Erzeugung von Ausnehmungen in diesen verwendet, und es gab bisher auch keine dafür geeigneten Maschinen. Wichtig ist, dass zur Erzielung einer genauen und feinen Bearbeitung unter Verwendung von Laserstrahlen die Notwendigkeit besteht, diese Laserstrahlen mittels der Sammellinse zu einem minimalen Durchmesser gebündelt auf das zu bearbeitende Werkstück zu richten. Um dies zu erreichen ist es erwünscht, die Brennpunktlage der Sammellinse entsprechend den Grössen- und Dickenabmessungen der zu bearbeitenden Werkstücke einzustellen. Da folien- oder blechartige Werkstücke wie Metallbleche mehr oder weniger gebogen oder gekrümmt sind, ist es auch erwünscht, sie so zuzuführen und aufzuspannen, dass ihre zu bearbeitenden Teile in den fokussierten Punkt des Laserstrahls, d.h. in den Brennpunkt der Sammellinse gelangen. Deshalb ist es auch vorteilhaft, die Brennpunktlage der Sammellinse während des Bearbeitungsvorganges entsprechend den Biegungen und Krümmungen

der blechartigen Werkstücke elastisch zu verstellen. Ferner ist es erwünscht, die Sammellinse für den Laserstrahl so anzuordnen, dass sie leicht ausgetauscht werden kann, da sie einer gewissen Abnutzung unterliegt.

Die allgemeine Aufgabe der Erfindung wird somit darin gesehen, eine neue Laser-Bearbeitungsmaschine zu schaffen, welche zur genauen Bearbeitung von folien- oder blechartigen Werkstoffen, wie beispielsweise Metallblechen, mittels eines Laserstrahles geeignet ist.

Insbesondere soll eine Maschine geschaffen werden, bei welcher die Brennpunktlage der Sammellinse, welche zum Fokussieren des Laserstrahls dient, leicht verstellbar ist und zwar entsprechend der Dicke der zu bearbeitenden Werkstücke.

Ausserdem soll die Brennpunktlage dieser zum Fokussieren des Laserstrahls dienenden Sammellinse elastisch verändert werden können in Abhängigkeit von Biegungen und Krümmungen der zu bearbeitenden Werkstücke. Ferner soll die neue Maschine so ausgebildet sein, dass das zu bearbeitende Werkstück, auch wenn es Biegungen und Krümmungen aufweist, zum Brennpunkt der zur Fokussierung des Laserstrahls dienenden Sammellinse gebracht werden kann, ohne beschädigt zu werden. Im weiteren soll die neue Maschine so ausgebildet sein, dass die zur Fokussierung des Laserstrahls dienende Sammellinse in einfacher Weise ausgetauscht werden kann.

Schliesslich soll die neue Maschine eine Sicherheitseinrichtung für die Sammellinse und mit dieser in Zusammenhang stehende Bauteile aufweisen.

Gegenstand der Erfindung ist somit eine Laser-Bearbeitungsmaschine, deren erfindungsgemässe Merkmale im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 genannt werden.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der erfindungsgemässen Maschine und deren Wirkungsweise sowie weitere Eigenschaften und Vorteile derselben werden im folgenden mit Bezug auf die Zeichnung ausführlich beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1 eine erfindungsgemässe Maschine von der Seite;

Fig. 2 die Maschine der Fig. 1 von oben,

Fig. 3 eine erste Ausführungsform der Frontpartie der Maschine der Fig. 1 und 2 von vorn,

Fig. 4 einen Schnitt längs der Linie IV-IV der Fig. 3,

Fig. 5 einen Schnitt längs der Linie V-V der Fig. 3,

Fig. 6 eine zweite Ausführungsform der Frontpartie der Maschine gemäss den Fig. 1 und 2,

Fig. 7 einen Schnitt längs der Linie VII-VII der Fig. 6,

Fig. 8 einen Schnitt längs der Linie VIII-VIII der Fig. 6,

Fig. 9 einen Schnitt längs der Linie IX-IX der Fig. 7.

Gemäss den Fig. 1 und 2 ist eine Laser-Bearbeitungsmaschine 1 mit einem Laserresonator 3, beispielsweise einem CO_2 -Laserresonator, verbunden. Als Laserresonator kann ein handelsübliches Produkt gewählt werden; er ist so ausgebildet und angeordnet, dass er einen Laserstrahl LB erzeugt und ihn der Laser-Bearbeitungsmaschine 1 liefert, wie dies in den Fig. 1 durch einen Pfeil dargestellt ist.

Die Laser-Bearbeitungsmaschine weist ein Maschinenbett 5, einen daran angeformten oder befestigten Ständer 7 und einen an dessen oberem Teil hebelartig befestigten, horizontal über dem Maschinenbett 5 verlaufenden Träger 9 auf. Am oberen Teil des Maschinenbetts 5 ist ein fester Arbeitstisch 11 angeordnet, der eine Anzahl Kugelführungen aufweist, welche ein zu bearbeitendes Werkstück W aufnehmen. Am vorderen Ende des Trägers 9 ist eine Bearbeitungsvorrichtung 15 angebracht, welche eine Spiegeleinrichtung 17 aufweist; auf diese Bearbeitungsvorrichtung 15 wird später eingegangen. Die oben beschriebene Laser-Bearbeitungsmaschine 1 ist so ausgebildet, dass sie den Laserstrahl LB vom Laserresonator 3 aufnimmt und ihn durch die Bearbeitungs-

vorrichtung 15 auf das Werkstück W lenkt, wie dies durch den Pfeil angedeutet ist. Im weiteren ist die Spiegelvorrichtung 17 derart angeordnet, dass der vom Laserresonator 3 erzeugte Laserstrahl LB so reflektiert wird, dass er auf das Werkstück W auftrifft; zwei weitere Spiegelvorrichtungen 19 und 21 sind vorgesehen, um den Laserstrahl LB vom Laserresonator 3 zur Spiegeleinrichtung 17 zu lenken.

Zur Zuführung und Positionierung des zu bearbeitenden Werkstücks W weist die Laser-Bearbeitungsmaschine 1 einen ersten horizontal verschiebbaren Schlitten 23 und einen zweiten Schlitten 25 auf, an welchem eine Vielzahl von Spannvorrichtungen 27 zum Aufspannen des Werkstücks W angebracht sind und welcher verschiebbar auf dem ersten Schlitten 23 befestigt ist. Der erste Schlitten 23 ist verschiebbar auf einem Schienenpaar 29 gelagert, dessen Schienen am oberen Teil des festen Arbeitstisches 11 und parallel zueinander angeordnet sind, so dass er unter der Wirkung einer Antriebskraft auf die unmittelbar unter der Bearbeitungsvorrichtung 15 befindliche Bearbeitungszone zu oder von dieser weg bewegt wird. Der zweite Schlitten 25 mit den Spannvorrichtungen 27 ist so am ersten Schlitten 23 befestigt, dass er unter der Wirkung einer Antriebskraft rechtwinklig zum Schienenpaar 29 verschoben wird. Die Spannvorrichtungen 27 sind lösbar und verstellbar am zweiten Schlitten 25 befestigt, damit sie entsprechend den Abmessungen des zu bearbeitenden Werkstücks W eingestellt werden können. Im weiteren können zwei zum Befestigen überstehender Teile des Werkstücks W dienende, verschiebbare Arbeitstische 31 und 33 mit weiteren Kugelführungen 13 so am ersten Schlitten 23 befestigt werden, dass sie zusammen mit dem Werkstück W durch diesen Schlitten 23 verschoben werden können. Ausserdem ist zur anfänglichen Positionierung des Werkstücks W auf dem festen Arbeitstisch 11 eine Anschlagvorrichtung 35 auf einem horizontal verlaufenden, an einem Teil der Laser-Bearbeitungsmaschine 1 befestigten Arm 37 vorgesehen. Das Werkstück W kann also auf dem festen Arbeitstisch 11 positioniert werden, sobald beim Aufspannen mittels der Spannvorrichtung 27 seine Endpartie die Anschlagvorrichtung 35 berührt, wenn diese durch den ersten Schlitten 23 an den ursprünglichen Ort nahe beim Ständer 7 gebracht worden sind.

Bei der oben beschriebenen Anordnung kann das Werkstück W, welches durch die Spannvorrichtung 27 festgehalten wird, beim Antrieb des ersten und des zweiten Schlittens 23, 25 unter die Bearbeitungsvorrichtung 15 geführt werden. Ist das Werkstück W für die Bearbeitung positioniert, d. h. befindet es sich unterhalb der Bearbeitungsvorrichtung 15, so werden die erforderlichen Schnitte und Ausnehmungen ausgeführt, und zwar durch den Laserstrahl LB, der vom Laserresonator 3 erzeugt, von den Spiegeleinrichtungen 17, 19 und 21 umgelenkt und vertikal abwärts durch die Bearbeitungsvorrichtung 15 geführt wird, zusammen mit einem Hilfsgas, wie beispielsweise Sauerstoffgas. Somit kann das Werkstück W automatisch und kontinuierlich beschnitten und mit Ausnehmungen versehen werden, wenn die Schlitten 23 und 25 in vorprogrammierter Weise numerisch gesteuert verschoben werden.

Die Fig. 3, 4 und 5 zeigen eine erste Ausführungsform der Bearbeitungsvorrichtung 15, die zusammen mit einer Spiegeleinrichtung 17 auf zwei Halteblöcken 41a und 41b befestigt ist; die Halteblöcke weisen einen quadratischen Querschnitt auf und sind vertikal am vorderen Ende des Trägers 9 befestigt. Die Bearbeitungsvorrichtung 15 weist eine obere Grundplatte 43 auf, welche vertikal mittels mehrerer Schrauben 45 an den Halteblöcken 41a und 41b befestigt ist; sie weist ferner eine untere Grundplatte 47 auf, welche vertikal ebenfalls mittels mehrerer Schrauben 49 an den Halteblöcken 41a und 41b befestigt ist. Die untere Grund-

platte 47 ist mit einer weiteren Platte 51 versehen, welche an gegenüberliegenden Seiten angeordnete und horizontal vorspringende Ansätze 51pa, 51pb aufweist und durch zwei Rippen 53a und 53b verstärkt wird.

Gemäss Fig. 3 sind zum Festhalten des Werkstückes W zwei druckmittelbetätigte Antriebe 55a und 55b an den Unterseiten der horizontalen Ansätze 51pa und 51pb bzw. der horizontalen Platte 51 vorgesehen. Diese Antriebe 55a und 55b weisen Kolbenstangen 57a bzw. 57b mit pufferartigen Enden 59a bzw. 59b auf, und sie sind derart ausgebildet und angeordnet, dass die Kolbenstangen 57a und 57b so weit nach unten reichen, dass sie mit ihren pufferartigen Enden das Werkstück W auf den festen Arbeitstisch 11 drücken. Die druckmittelbetätigten Antriebe 55a und 55b dienen hauptsächlich dazu, das Werkstück W dann festzuhalten, wenn es notwendig ist, die Spannvorrichtungen 27 zu lokern und anschliessend mit ihnen andere Teile des Werkstücks W festzuspannen.

Wie Fig. 4 zeigt, führt eine Leitung 61 horizontal durch den oberen Bereich der oberen Grundplatte 43, um den Laserstrahl vom Laserresonator 3 zur Spiegeleinrichtung 17 zu bringen. Die Leitung 61 ist mittels mehrerer Schrauben 63 horizontal am oberen Bereich der oberen Grundplatte 43 befestigt und mit ihrem vorspringenden Endteil mit der Spiegeleinrichtung 17 verbunden. Der vom Laserresonator 3 erzeugte Laserstrahl LB wird von der Spiegeleinrichtung 17 um 90° umgelenkt und dann vertikal abwärts geführt, wie es durch den Pfeil angedeutet wird.

Wie auch Fig. 4 zeigt, weist die Spiegeleinrichtung 17 einen Spiegel 65 auf, der durch einen Lagerkörper 67 in einem Gehäuse 69 gehalten wird, das von einem Deckel 71 abgedeckt ist; im weiteren ist ein Rahmenteil 73 mit einer L-förmigen Ausnehmung vorgesehen, durch welche der Laserstrahl LB reflektiert wird. Der Lagerkörper 67 weist eine kugelmantelförmige Fläche auf, längs welcher er sich im Gehäuse verdrehen kann, wodurch der Winkel des Spiegels 65 einstellbar ist. Der Laserkörper 67 ist im Gehäuse 69 mittels mehrerer Schrauben 75 verstellbar befestigt und von einer Feder 77 nach unten vorgespannt. Somit kann der Winkel des Spiegels 65 eingestellt werden, indem man den Lagerkörper 69 im Gehäuse dreht, damit der Laserstrahl LB um 90° umgelenkt wird, wenn er durch die Spiegeleinrichtung 17 geht.

Die Spiegeleinrichtung 17 ist über eine Verbindungsmanchette 79 mit einem unter ihr angeordneten ortsfesten Rohrteil 81 verbunden und dabei so gehalten, dass der von ihr reflektierte Laserstrahl LB vertikal nach unten gelenkt wird. Das ortsfeste Rohr 81 weist an seinem unteren Ende eine ringförmige Schulter 81s auf, zu Zwecken, welche später erläutert werden, und es ist vertikal an einem Fixiergehäuse 83 abgestützt und mittels mehrerer Bolzen 85 daran befestigt. Wie am besten aus den Fig. 3 und 5 ersichtlich, ist das Fixiergehäuse 83 als schachtelartiger Rahmen ausgebildet und mittels mehrerer Schrauben 87 an zwei klammerförmigen Bauteilen 89a und 89b befestigt, welche parallel zueinander angeordnet und vertikal an der unteren Grundplatte 47 befestigt sind.

Wie Fig. 4 am besten zeigt, ist ein verschiebbarer Rohrteil 91, dessen oberes Ende mit einem Gewinde 91t versehen ist, vertikal mit dem unteren Ende des festen Rohrteils 81 in teleskopartiger Weise verbunden. Genauer gesagt weist der verschiebbare Rohrteil 91 einen grösseren Durchmesser auf als der feste Rohrteil 81, und das untere Ende des festen Rohrteils 81 ist in das obere Ende des verschiebbaren Rohrteils 91 eingeschoben, so dass sich der verschiebbare Rohrteil 91 gegenüber dem festen Rohrteil 81 in vertikaler Richtung teleskopartig verschieben kann. Der verschiebbare Rohrteil 91 weist an seinem inneren unteren Ende einen Abstützring

93 für eine Feder, einen hülsenförmigen Kühler 95 mit einem ringförmigen Kanal 95B für ein Kühlmittel und eine Sammellinse 97 auf, die in einer Befestigungshülse 99 angeordnet ist. Der Abstützring 93 liegt auf dem Kühler 95 im verschiebbaren Rohrteil 91 und dient Zwecken, die später erläutert werden; der Kühler 95 ist im untersten Bereich des verschiebbaren Rohrteils 91 angeordnet und durch mehrere Schrauben 101 daran befestigt, zusammen mit einer Platte 101, welche weiter unten genauer beschrieben wird. Die Befestigungshülse 99, welche die Sammellinse 97 aufnimmt, ist lösbar im Kühler 95 befestigt, so dass sie durch das Kühlmittel, welches durch den ringförmigen Kanal 95B des Kühlers 95 strömt, gekühlt werden kann. Der vom Laserresonator 3 abgegebene und von der Spiegeleinrichtung 17 reflektierte Laserstrahl LB wird also durch den festen Rohrteil 81 und den verschiebbaren Rohrteil 91 vertikal nach unten geleitet und mittels der Sammellinse 97 am unteren Ende des beweglichen Rohrteils 91 fokussiert.

Der Rohrteil 91 ist vertikal verschiebbar und wird durch eine Wälzlagervorrichtung 105 gehalten und geführt, welche ihrerseits fest im Fixiergehäuse 83 angeordnet ist; ausserdem wird er durch zwei parallel zueinander verlaufende Führungstangen 106a und 106b geführt, die vertikal von der Oberseite der Platte 103 nach oben ragen; schliesslich wird er vertikal durch das Fixiergehäuse 83 gehalten. Eine Schraubenfeder 107, welche vorgespannt im beweglichen Rohrteil 91 zwischen der Schulter 81s des festen Rohrteils 81 und der Federauflage 93 angeordnet ist, drückt den beweglichen Rohrteil 91 nach unten. Um ihn vertikal einstellbar zu verschieben und zu halten, ist eine Stellmutter 109 vorgesehen, die mit einer Spannmutter 111 zusammen in das Gewinde 91t eingreift. Die Stellmutter 109 wird normalerweise durch die Spannmutter 111 im Gewinde 91t fixiert und durch den oberen Teil des Fixiergehäuses 83 gegen eine Abwärtsbewegung gesichert, damit der verschiebbare Rohrteil 91 gehalten wird. Die Stellmutter 109 wird aber durch den oberen Teil des Fixiergehäuses 83 nicht gegen eine Aufwärtsbewegung gesichert, so dass sich der verschiebbare Rohrteil 91 nach oben verschieben kann. Der letztere wird also durch die Stellmutter 109 gehalten, und durch eine Drehung der Stellmutter 109 kann seine Lage in normaler Höhe eingestellt werden, er kann sich aber federnd gegen die Wirkung der Kraft der Feder 107 nach oben verschieben, wenn eine entsprechend gerichtete Kraft auf ihn wirkt. Es ist leicht einzusehen, dass demzufolge die Brennpunktlage der im beweglichen Rohrteil 91 aufgenommenen Sammellinse 97 durch eine Drehung der Stellmutter 109 eingestellt und die Sammellinse federnd nach oben verschoben werden kann, wenn der Rohrteil 91 nach oben bewegt wird.

Gemäss den Fig. 3 und 4 ist am unteren Ende des verschiebbaren Rohrteils 91 eine Düseneinrichtung 113 angeordnet, durch welche der Laserstrahl LB, zusammen mit einem Hilfsgas wie Sauerstoff, zum Werkstück W gebracht wird. Die Düseneinrichtung 113 weist eine Düse 115 und einen hülsenähnlichen Düsenhalter 117 auf, an welchem ein Einlass 117i für das Hilfsgas angebracht ist und welcher mit dem Kühlerblock 95 fest verbunden ist durch mehrere Schrauben 119, mittels eines Ringes 121, der, ebenfalls mit mehreren Schrauben, daran befestigt ist. Die Düse 115 wird durch eine Schraubenfeder 125 nachgiebig nach unten gedrückt, welche letztere in einer Aufnahmhülse 127 aufgenommen und nach unten vorgespannt ist; diese ist ihrerseits im Düsenhalter 117 angeordnet, so dass sie sich unter einer nach oben gerichteten Kraft federnd aufwärts verschiebt. Im weiteren ist die Düse 115 so ausgebildet und angeordnet, dass ihre Lage durch mehrere Stellschrauben 129 eingestellt werden kann, damit der Laserstrahl LB wirkungsvoll zum Werkstück W gelangt. Es ist leicht einzusehen, dass bei die-

sem Aufbau die Düseneinrichtung 113 durch Lösen der Schrauben 119 in einfacher Weise vom unteren Ende des verschiebbaren Rohrteils 113 entfernt werden kann, um einen Austausch der Sammellinse 97 zu ermöglichen.

Gemäss Fig. 3 und Fig. 4 sind ferner mehrere Laufrollen 131 an einem ringförmigen Rollenträger 133 angebracht, welche letzterer an der Düseneinrichtung 113 befestigt ist; diese Rollen 131 können über gebogene oder gekrümmte Teile des Werkstücks W wegrollen, wenn es unter die Düse 115 geschoben wird. Eine solche Anordnung bezweckt, dass gebogene oder gekrümmte Teile des Werkstücks, welche unter die Düse 115 eingeführt werden, die Laufrollen 131 drehen und heben, so dass sich die Düseneinrichtung 113 und der verschiebbare Rohrteil 91 zusammen mit der Sammellinse 97 gegen die Kraft der Feder 107 nach oben bewegen. Es ist leicht verständlich, dass die Sammellinse 97 durch den Rohrteil 91 mittels der Laufrollen 131 federnd in Vertikalrichtung verschoben wird, damit ihre Fokalstellung entsprechend den Biegungen und Krümmungen des zu bearbeitenden Werkstücks W verändert wird.

Am Rollenträger 133 ist ein Fühlgerät 135 befestigt, dessen elektrische Steuerung so ausgebildet ist, dass die beiden Schlitten 23, 25 angehalten werden und dass auch die Abgabe des Laserstrahls LB unterbrochen werden kann, wenn irgendeine Störung eintritt. Sobald also irgend ein Hindernis das Fühlgerät 135 berührt, halten der erste und der zweite Schlitten 23 und 25 an oder die ganze Laser-Bearbeitungsmaschine 1 wird ausgeschaltet, um die Bearbeitungsvorrichtung 15 und die Sammellinse 97 zu schützen.

Damit die Auf- und Abwärtsbewegungen des verschiebbaren Rohrteils 91 und der anderen verschiebbaren Teile federnd und ruhig vor sich gehen, ist gemäss den Fig. 4 und 5 ein Gegen- oder Ausgleichsgewicht 137 vorgesehen, das aus mehreren plattenförmigen Teilen 139 zusammengesetzt und somit bezüglich des Gewichtes den Erfordernissen anpassbar ist.

Dieses Gegengewicht 137 ist mit der Platte 103 über zwei Drähte 141a und 141b verbunden, welche um zwei Rollen 143a bzw. 143b und um zwei weitere Rollen 145a bzw. 145b gelegt sind. Das Rollenpaar 141a, 141b und das Rollenpaar 145a, 145b sind drehbar an zwei Stützen 147a bzw. 147b angeordnet, welche ihrerseits an den Trägern 89a bzw. 89b befestigt sind. Das Gegengewicht 137 ist vertikal längs zweier Führungstangen 151a und 151b verschiebbar, welche von einer L-förmigen Stütze 153 vertikal gehalten sind; die Stütze 153 ist auf der unteren Grundplatte 47 befestigt. Bei dieser Anordnung verschiebt sich das Gegengewicht 137 vertikal, sobald sich der verschiebbare Rohrteil 91 und die anderen verschiebbaren Teile in vertikaler Richtung bewegen, so dass deren Gewicht ausgeglichen wird, damit ihre Bewegung federnd und ruhig verläuft.

Um den verschiebbaren Rohrteil 91 und die anderen verschiebbaren Teile anzuheben, ist gemäss den Fig. 3 und 4 ein druckmittelbetätigter Antrieb 155 mit einem Zylinder vorgesehen; dieser weist einen Zylinderraum 155c auf, der an der horizontalen Platte 51 angeordnet und mittels mehrerer Schrauben 157 dort befestigt ist. Beim bevorzugten Ausführungsbeispiel ist ein druckmittelbetätigter Antrieb eingebaut, der drei Stellungen ermöglicht. Er weist einen ersten Kolben 159 nebst Kolbenstange 159 und einen zweiten Kolben nebst Kolbenstange 161 auf, welche den Zylinderraum 155c in drei Kammern 155ca, 155cb und 155cc unterteilen, die mit Anschlüssen 155pa bzw. 155pb bzw. 155pc versehen sind. Die erste Kolbenstange 159 ragt abwärts aus dem Zylinderraum 155c des Arbeitszylinders hinaus und weist an ihrem unteren Ende ein Aufnahmeelement 163 für mehrere Stifte 165 auf, die vertikal von der Oberfläche der Platte 103 nach oben ragen und dort befestigt sind. Jeder Stift 165 weist oben einen

Flansch 165f auf, über welchen er im Aufnahmeelement 163 fixiert ist; die Stifte 165 sind dabei so gehalten, dass sie in vertikaler Richtung verschiebbar sind, derart, dass der verschiebbare Rohrteil 91 sich federnd auf und ab bewegen kann, wenn die erste Kolbenstange 159 ganz herausragt. Diese bleibt in der genannten Lage, und die Kammern 155cb und 155cc werden mit Druck beaufschlagt, während das Werkstück W bearbeitet wird, so dass der verschiebbare Rohrteil 91 und die anderen verschiebbaren Teile ihre unterstmögliche Stellung zur Bearbeitung des Werkstücks W einnehmen können. Nunmehr ist auch verständlich, dass der verschiebbare Rohrteil 91 und die anderen verschiebbaren Teile auf halbe Höhe angehoben werden, wenn die Kammern 155ca und 155cb mit Druck beaufschlagt werden, und dass sie ihre höchstmögliche Stellung einnehmen, wenn die Kammer 155ca mit Druck beaufschlagt ist. Wenn der verschiebbare Rohrteil 91 zusammen mit den anderen verschiebbaren Teilen durch den druckmittelbetätigten Antrieb 155 angehoben wird, kann die Düseneinrichtung 113 durch Lockern der Schrauben 119 entfernt und die Sammellinse 97 in einfacher Weise ausgewechselt werden.

An einer Stange 169 ist, wie die Fig. 3 und 4 zeigen, ein Nocken 167 befestigt, und drei Fühler 171, 173 und 175, beispielsweise Endschalter, sind vorgesehen, um die Höhe der ersten Kolbenstange 159 des Antriebs 155 festzustellen, welche der vertikalen Lage des verschiebbaren Rohrteils 91 und der damit verbundenen Teile entspricht. Die Stange 169, welche den Nocken 167 trägt, ist vertikal durch ein Führungselement 177 gehalten und geführt, welches an der Vorderseite des Fixiergehäuses 83 befestigt ist. Die Fühler 171, 173 und 175 sind ebenfalls an der Vorderseite des Fixiergehäuses 83 befestigt, so dass sie mit dem Nocken 167 in Berührung gelangen können, wenn dieser sich bei einer Vertikalbewegung des verschiebbaren Rohrteils 91 zusammen mit der Platte 103 in vertikaler Richtung bewegt. Die drei Fühler 171, 173 und 175 sind ausserdem so angeordnet, dass sie vom Nocken 167 berührt werden, wenn der erste Kolben nebst Kolbenstange 159 seine unterste, bzw. mittlere, bzw. oberste Stellung einnimmt. Schliesslich ist der Fühler 171 so angeordnet, dass es dem Laserstrahl LB ermöglicht wird, aus der Düse 115 auszutreten, sobald der Nocken 167 den letztgenannten Fühler 171 berührt; die Fühler 173 und 175 sind so angeordnet, dass sie den Austritt des Laserstrahls LB aus der Düse 115 unterbrechen. Damit wird klar, dass der Laserstrahl LB nur dann aus der Düse 115 austritt, wenn der erste Kolben nebst Kolbenstange 159 in der untersten Stellung ist, wodurch es dem verschiebbaren Rohrteil 91 und der Düseneinrichtung 113 ermöglicht wird, diejenige Stellung einzunehmen, in welcher das Werkstück W bearbeitet werden kann. Dagegen wird zur Vermeidung von Gefahren der Laserstrahl LB nicht emittiert, wenn der verschiebbare Rohrteil 91 zwecks Entfernung der Düseneinrichtung 113 angehoben wird.

Die Fig. 6 und 7 zeigen eine zweite Ausführungsform der Bearbeitungsvorrichtung 15, deren Spiegeleinrichtung 17 gleich ausgebildet ist wie diejenige der ersten Ausführungsform. Die Bearbeitungsvorrichtung 15 der zweiten Ausführungsform weist eine quadratische, vertikal gerichtete Grundplatte 179 auf, an welcher eine obere Platte 181 und eine untere Platte 183 horizontal befestigt sind; ausserdem sind an der Grundplatte 179 zwei parallel gerichtete, vertikale Seitenplatten 185a und 185b befestigt. Diese sind so angeordnet, dass sie die Ränder der oberen Platte 181 und der unteren Platte 183 verbinden, derart, dass auf der Grundplatte 179 ein gehäuseartiger Rahmen gebildet wird.

An gegenüberliegenden Seiten der Grundplatte 179 sind zwei horizontale Tragplatten 187a und 187b vorgesehen, welche nach vorne ragen und durch Rippen 189a bzw. 189b

verstärkt werden. An den Unterseiten dieser beiden Tragplatten 187a und 187b sind druckmittelbetätigte Antriebe 191a bzw. 191b befestigt, mit Kolbenstangen 193a bzw. 193b, deren untere Endteile stempelförmig ausgebildet sind wie bei der ersten Ausführungsform.

Gemäss Fig. 6 ist ein quadratischer plattenförmiger Träger 197 vertikal angeordnet, der unten eine horizontale dünne Platte 199 aufweist, welche durch zwei vertikal verlaufende Rippen 201a und 201b verstärkt ist. Dieser Träger 197 weist ferner an gegenüberliegenden oberen Seiten obere Ansätze 203a und 203b sowie untere Ansätze 205a und 205b auf, die mit vertikalen Bohrungen versehen sind. Der Träger 197 dieser Anordnung wird vertikal verschiebbar gehalten und geführt, und zwar mittels Führungsbüchsen 207 und Führungsstangen 209a und 209b, welche parallel zueinander verlaufen und vertikal zwischen der oberen und der unteren Platte 181 und 183 fixiert sind. Im Normalfall wird der Träger 197 mittels zweier Fixierbolzen 211a und 211b, deren untere Enden 211La und 211Lb einen vergrösserten Durchmesser aufweisen, sowie durch zwei Schraubenfedern 213a und 213b so auf den horizontalen Tragplatten 187a und 187b gehalten, dass er leicht aufwärts bewegt werden kann. Die Fixierbolzen 211a und 211b sind, vertikal verschiebbar, durch die unteren und oberen Ansätze 203a und 205a bzw. 203b und 205b des Trägers 197 gehalten. Die Schraubenfedern 213a und 213b, welche die Fixierbolzen 211a bzw. 211b umgeben, werden zwischen den oberen Ansätzen 203a und 203b einerseits und den unteren Enden 211La und 211Lb der Fixierbolzen vorgespannt. Ausserdem sind an den oberen Enden der Fixierbolzen 211a und 211b Mitnehmer 215a bzw. 215b und an ihren unteren Enden Stempel 217a bzw. 217b angeordnet. Kurz gesagt ist der Träger 197 durch die Federn 213a und 213b, welche an den Enden 211La und 211Lb der Fixierbolzen 211a und 211b abgestützt sind, nachgiebig gehalten, und die Stempel 217a und 217b der Fixierbolzen 211a und 211b liegen auf den horizontalen Tragplatten 187a und 187b auf. Es ist leicht einzusehen, dass sich der Träger 197 unter der Wirkung einer nach oben gerichteten Kraft aufwärts bewegt und schliesslich mittels der Mitnehmer 215a und 215b die Fixierbolzen 211a und 211b anhebt.

Gestrichelte Linien in Fig. 6 zeigen zwei Stossdämpfer 219a und 219b, die als Druckluftzylinder ausgebildet sind und Betätigungsstangen 221a und 221b aufweisen; diese Stossdämpfer 219a und 219b ermöglichen es den Fixierbolzen 211a, 211b, sich sanft und erschütterungsfrei auf die Tragplatten 187a und 187b abzusinken, nachdem sie angehoben worden sind. Die Stossdämpfer 219a und 219b sind vertikal unterhalb der Tragplatten 187a bzw. 187b angeordnet, und ihre Betätigungsstangen 221a bzw. 221b ragen verschiebbar aufwärts durch die Tragplatten 187a bzw. 187b hindurch und berühren die Stempel 217a bzw. 217b der Fixierbolzen 211a bzw. 211b. Wenn sich die letzteren zusammen mit dem Träger 197 senken, nachdem sie angehoben worden sind, so werden die Stempel 217a und 217b der Fixierbolzen 211a und 211b zuerst locker gehalten, anschliessend sinken sie stossfrei auf die Tragplatten 187a und 187b ab.

Gemäss Fig. 7 ist die Spiegeleinrichtung 17 mit einer Leitung 223 verbunden, welche den Laserstrahl LB vom Laserresonator in gleicher Weise wie beim erstbeschriebenen Ausführungsbeispiel zuführt. Ferner ist die Spiegeleinrichtung 17 über eine dehnbare Leitung 225 mit einem verschiebbaren Rohrteil 227 verbunden, dessen oberes Ende mit einem Gewinde 227t verbunden ist. Dieser Rohrteil 227 wird vertikal verschiebbar gehalten und geführt durch eine Lagervorrichtung, z. B. eine Wälzlageranordnung 229, welche in einem Gehäuse 231 angeordnet ist, das fest mit dem Träger 197 verbunden ist. Um eine Drehbewegung dieses Rohrteils 227

zu verhindern, ist ein an der Trägerplatte befestigter Ansatz 233 vorgesehen, welcher mit einem am obersten Teil des genannten Rohrteils 227 angebrachten Anschlagteil 235 in Eingriff gelangt. Im weiteren ist der verschiebbare Rohrteil 227 an seinem untersten Ende mit einem mantelförmigen Kühler 237 verbunden, der einen ringförmigen Kanal 237b für ein Kühlmittel aufweist und in welchem eine in einer hülsenförmigen Halterung 241 aufgenommene Sammellinse 239 ausbaubar angeordnet ist.

Der Kühler 237 wird vertikal verschiebbar durch eine Büchse 243 geführt, welche ihrerseits an der unten am Träger 197 angebrachten Platte 199 befestigt ist; ein Anschlag 245 verhindert, dass sich der Kühler 237 in der Büchse 243 dreht. Der verschiebbare Rohrteil 227 und der Kühler 237 werden also gemeinsam durch die Lagervorrichtung 229 und die Büchse 243 vertikal verschiebbar geführt, so dass sie sich mit der Sammellinse bewegen können. Der vom Laserresonator 3 abgegebene und durch die Leitung 223 gehende Laserstrahl LB wird durch die Spiegeleinrichtung 17 reflektiert und anschliessend durch den beweglichen Rohrteil 227 geleitet, um mittels der Sammellinse 239 fokussiert zu werden.

Um den verschiebbaren Rohrteil 227 vertikal zu verschieben und einzustellen, ist ein Schneckenrad 247 angeordnet, welches mit dem Gewinde 227t am Rohrteil 227 zusammenwirkt. Dieses Schneckenrad 247 ist drehbar in Lagern 249 abgestützt, welche mit dem Gehäuse 231 fest verbunden sind, das seinerseits am Träger 197 befestigt ist. Das Schneckenrad 247 steht mit einem Zahnrad 251 eines Getriebes im Eingriff, das ausserdem ein Kegelrad 253 aufweist und horizontal drehbar am Gehäuse 231 angeordnet ist. Das Kegelrad 253 wirkt mit einem weiteren Kegelrad 255 zusammen, welches letzteres von einem Motor 257 angetrieben wird, der mittels eines Verbindungselementes 259 am Gehäuse 231 befestigt ist. Um die jeweilige vertikale Lage des verschiebbaren Rohrteils 227 feststellen zu können, ist am Anschlagteil 235, der mit dem oberen Ende des Rohrteils 227 verbunden ist, ein Anzeigegerät 261 mit einer Spindel 263 angeordnet; diese Spindel 263 liegt senkrecht auf einer Scheibe 265 auf, welche am Gehäuse 231 befestigt ist. Wird der Motor 257 in Betrieb gesetzt, so führt der verschiebbare Rohrteil 227 zusammen mit der Sammellinse 239 in vertikaler Richtung eine begrenzbare Bewegung aus, welche eine Veränderung der Brennpunktage der Sammellinse zur Folge hat.

Um den Laserstrahl LB zusammen mit dem Hilfsgas an das zu bearbeitende Werkstück W zu bringen, ist eine Düsen-einrichtung 267 ausbaubar am unteren Ende des verschiebbaren Rohrteils 227 angeordnet, und zwar annähernd gleich wie beim erstbeschriebenen Ausführungsbeispiel. Diese Düsen-einrichtung 267 weist eine Düse 269 mit einem Gewinde-teil 269t auf; sie ist vertikal verschiebbar in einer hülsen-artigen Halterung 271 aufgenommen und weist ferner ein hülsenförmiges Gehäuse 273 auf, an welchem ein Ring 275 angeordnet ist mit mehreren nach oben ragenden Haltestiften 277, die alle mit Flanschen 277f versehen sind. Beim bevorzugten Ausführungsbeispiel ist am Gehäuse 273 ein Druckmessgerät 279 für den Druck des Hilfsgases angeschlossen, welches Hilfsgas zusammen mit dem Laserstrahl LB am Werkstück W verwendet wird. Die Halterung 271 der Düse 269 wird durch eine Schraubenfeder 281 so im Gehäuse 273 gehalten, dass ihre horizontale Lage durch mehrere Stellschrauben 283, die in Fig. 6 sichtbar sind, eingestellt werden kann. Die Düse 269, die vertikal verschiebbar in der Halterung 271 aufgenommen ist, ist so ausgebildet und angeordnet, dass ihre vertikale Stellung mittels einer ringförmigen Stellmutter 285 eingestellt werden kann, welche mit dem Gewinde-teil 269t der Düse 269 in Eingriff steht und durch einen Ring 287 mit einer Öffnung 287-0 gehalten wird. Um eine Drehung der Düse 269 mit ihrer Halterung 271, aber nicht

deren vertikale Bewegung zu verhindern, sind zwei Stifte 289 bzw. 291 angeordnet. Ausserdem weist die Düsen-einrichtung 267 mehrere Laufrollen 293 auf, um Biegungen und Krümmungen des Werkstücks W Rechnung zu tragen, sowie eine Fühlereinrichtung 295, um sie vor Störungen zu bewahren, und zwar in gleicher Weise wie beim ersten Ausführungsbeispiel. Die Fig. 6, 7 und 8 zeigen, wie zur lösbaren Befestigung der Düsen-einrichtung 267 am unteren Ende des verschiebbaren Rohrteils 227 die Haltestifte 277 so angeordnet sind, dass sie durch vertikale Öffnungen 199h der am Träger 197 befestigten Platte 199 hindurchragen. Ausserdem ist eine ringförmige Scheibe 297 mit einem Hebel 299 horizontal drehbar um die Peripherie der Büchse 243 angeordnet, und zwar so, dass sie durch den Hebel 299 zur oberen Fläche der Platte 199 gedreht werden kann. Diese Scheibe 297 ist mit bogenförmigen Ausnehmungen 299h versehen, welche erweiterte Teile 299hl aufweisen, durch die die Flansche 277f der Haltestifte 277 nach oben ragen können; diese können somit an der Platte 199 festgespannt werden, wenn der Hebel 299 gedreht wird. Die Scheibe 297 weist ausserdem einen Ansatz 301 auf, der so angeordnet ist, dass er mit einer Fühlereinrichtung 303, wie beispielsweise einem Endschalter, in Berührung gelangt, wenn der Hebel 299 zum Festspannen der Haltestifte 277 gedreht wird. Die Fig. 6 und 8 zeigen, wie die Fühlereinrichtung 303 mit Hilfe eines Verbindungselementes 305 an der Platte 199 befestigt und dabei so angeordnet ist, dass sie bei einer Berührung durch den Ansatz 301 ein Warnsignal abgibt. Die Düsen-einrichtung 267 kann also unterhalb der Sammellinse 239 befestigt werden, indem man den Hebel 299 dreht, so dass die Haltestifte 277 aufwärts und durch die Öffnungen 199h der Platte 199 ragen; entsprechend kann die Düsen-einrichtung 267 durch eine Drehung des Hebels 299 entfernt werden, wenn die Sammellinse 239 ausgetauscht werden soll.

Fig. 7 zeigt einen druckmittelbetätigten Antrieb 307, welcher zum Anheben des Trägers 197 zusammen mit dem verschiebbaren Rohrteil 227 dient; dieser Antrieb 307 weist einen Kolben mit Kolbenstange 309 auf, und sein Aufbau sowie seine Wirkungsweise entsprechen dem in Fig. 4 dargestellten Antrieb 155 des ersten Ausführungsbeispiels. Seine Kolbenstange 309 ist mit der Platte 199 durch eine Manschette 311 verbunden, und zwar so, dass sich der Träger 197, an welchem die Platte 199 befestigt ist, während des Bearbeitungsvorganges federnd nach oben verschieben kann, wenn die Kolbenstange 309 ihre äusserste Stellung einnimmt. Fig. 6 zeigt ferner mehrere Nocken 312a bzw. 312b, die jeweils an einer Stange 313a bzw. 313b befestigt sind, welche ihrerseits mit dem Träger 197 verbunden sind, sowie zwei Fühler 315a und 315b, wie beispielsweise Endschalter, welche an den Seitenplatten 185a und 185b angebracht sind. Die Nocken 312a und 312b einerseits und die Fühler 315a und 315b sind so ausgebildet und angeordnet, dass sie im wesentlichen gleich wirken wie die der Nocken 167 und die Fühler 171, 172 und 173 des in Fig. 3 dargestellten ersten Ausführungsbeispiels. Der Träger 197 und der verschiebbare Rohrteil 227 werden also während des Bearbeitungsvorganges unten gehalten, wobei sich die Kolbenstange 309 des Antriebs 307 in ihrer äussersten, d. h. tiefsten Stellung befindet; sie können dabei aber stets federnd aufwärts gleiten; bei Inbetriebsetzung des Antriebs 307 verschieben sie sich aufwärts, in gleicher Weise wie beim erstbeschriebenen Ausführungsbeispiel.

Die Fig. 9, aber auch die Fig. 6 und 7 zeigen eine Stellschraube 317 mit einer axialen Nut 317g, welche dazu bestimmt ist, die vertikale Lage bzw. die unterste Grenzlage des Trägers verstellbar zu bestimmen, entsprechend der Dicke des zu bearbeitenden Werkstücks W. Die Stellschraube 317 ist sowohl drehbar als auch axialverschiebbar in einer

flachen Halteschiene 319 unterhalb der unteren Platte 183 befestigt, durch welche letztere sie hinaufragt, um die am Träger 197 befestigte Platte 199 zu berühren. Um den Träger 197 in vertikaler Richtung zu verschieben, kann diese Stellschraube 317 über ein Zahnrad 321 gedreht und vertikal verschoben werden; das letztere weist deshalb einen Stift 323 auf, der in die axiale Nut 317g der Stellschraube 317 eingreift. Das Zahnrad 321 steht mit einem weiteren Zahnrad 325 in Eingriff, welches eine verlängerte Achse 327 aufweist,

an deren Ende ein Knauf 329 angebracht ist. Eine quer zur Achse 327 verlaufende Schraube 331 verhindert normalerweise deren Drehung. Es ist leicht einzusehen, dass die vertikale Lage des Trägers 197 sowie des verschiebbaren Rohrteils 227 entsprechend der Dicke des Werkstücks W eingestellt werden kann, indem der Knauf 329 von Hand gedreht wird, wodurch die Fokalstellung der Sammellinse 239 ver-

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



