

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 0 711 633 B1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**28.11.2001 Patentblatt 2001/48**

(51) Int Cl. 7: **B26F 3/00, B24C 1/04**

(21) Anmeldenummer: **95115843.5**

(22) Anmeldetag: **07.10.1995**

(54) **Verfahren und Bearbeitungsmaschine zum Strahlschneiden von Werkstücken mittels eines Schneidstrahls**

Method and processing machine for fluid jet cutting of workpieces

Procédé et dispositif pour le découpage de pièces par jet de fluide

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**CH FR GB IT LI**

(30) Priorität: **14.11.1994 DE 4440631**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**15.05.1996 Patentblatt 1996/20**

(73) Patentinhaber: **Trumpf GmbH & Co  
D-71254 Ditzingen (DE)**

(72) Erfinder: **Klingel, Hans  
D-71696 Möglingen (DE)**

(74) Vertreter: **KOHLER SCHMID + PARTNER  
Patentanwälte  
Ruppmannstrasse 27  
70565 Stuttgart (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 207 069 DE-A- 3 343 611  
DE-C- 3 533 644 DE-U- 9 411 021  
US-A- 3 746 108 US-A- 5 068 513**

EP 0 711 633 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Strahlschneiden von Werkstücken gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1. Des weiteren betrifft die Erfindung eine Bearbeitungsmaschine zur Durchführung eines derartigen Verfahrens gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 9.

**[0002]** Gattungsgemäße Verfahren sowie gattungsgemäße Bearbeitungsmaschinen, mittels derer sich die Verfahren umsetzen lassen, dienen beispielsweise dazu, Werkstücke abzulängen, mit einer vorgegebenen Kontur zuzuschneiden und/oder aus Werkstücken vorgegebene Konturen auszuschneiden.

**[0003]** Zu diesem Zweck werden nach bekannten Verfahren unter Einsatz bekannter Bearbeitungsmaschinen ein Schneidstrahl in Form eines Druckwasserstrahls und das zu bearbeitende Werkstück in Schneidstrahlquerrichtung relativ zueinander verschoben. Dabei stellt der Schneidstrahl einen Trennschnitt mit einer vorgegebenen Schnittlänge sowie einer vorgegebenen Schnittrichtung her. Zur Erhöhung der Bearbeitungskapazität ist es aus DE-U-94 11 021.2 bekannt, gattungsgemäße Bearbeitungsmaschinen zu verwenden, welche wenigstens zwei mit zumindest einer Quelle für einen Schneidstrahl in Verbindung stehende und im Schneidbetrieb einen Schneidstrahl aussendende Schneideinheiten aufweisen, wobei die Schneideinheiten und das zu bearbeitende Werkstück in Schnittrichtung relativ zueinander bewegbar sind. Derartige Bearbeitungsmaschinen erlauben es, zeitlich parallelisiert mehrere Trennschnitte herzustellen. So können beispielsweise an Bearbeitungsmaschinen mit zwei Schneideinheiten zeitgleich zwei Werkstücke zugeschnitten werden. Die Schnittgeschwindigkeiten, mit denen sich nach dem bekannten Verfahren sowie unter Einsatz bekannter Bearbeitungsmaschinen Trennschnitte mit Schnittkanten hoher Qualität herstellen lassen, sind jedoch steigerungsbedürftig.

**[0004]** Beschrieben ist ein gattungsgemäßes Verfahren in DE 33 43 611 A1. Zur Erzeugung eines diskontinuierlichen Schneidstrahles werden im Falle des Standes der Technik zwei aus einer Doppelstrahldüse austretende Strahlen derart gegeneinander gelenkt, daß sie auf dem zu bearbeitenden Werkstück oder kurz davor aufeinander treffen.

**[0005]** Aus DE 35 33 644 C1 sind ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Schneiden von flächigem Material mittels wenigstens zweier parallel zueinander verlaufender Höchstdruck-Fluidstrahlen bekannt. Um zwei oder mehr eigenständige Schneidvorgänge in einem Arbeitsgang zusammenzufassen, wird dabei ein Schneidkopf mit mehreren hintereinander liegenden Düsen durch einen gemeinsamen Antrieb entlang der betreffenden Schnittlinie bewegt. Damit auch kleine Teile sowie enge Kurven geschnitten werden können, werden die Schneidstrahlen einander eng benachbart auf das zu bearbeitende Werkstück gerichtet.

**[0006]** EP 0 207 069 A1 offenbart ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Schneiden von Werkstücken mittels zweier Schneidstrahlen, die von einander gegenüberliegenden Seiten des zu bearbeitenden Werkstücks auf dieses gerichtet werden und etwa in der Materialmitte aufeinander treffen.

**[0007]** Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, die bekannten Verfahren zum Strahlschneiden von Werkstücken sowie die bekannten Bearbeitungsmaschinen weiterzubilden. Dabei soll sich eine gute Qualität der Schnittkanten auch bei hoher Schnittgeschwindigkeit erzielen lassen.

**[0008]** Die genannte verfahrensbezogene Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß im Rahmen eines Verfahrens der eingangs angegebenen Art die Schneidstrahlen derart auf das zu bearbeitende Werkstück gerichtet werden, daß sich die Strahlachsen unterhalb des Werkstückes schneiden und daß die Strahlachsen einander an der Schnittlinie unmittelbar benachbart verlaufen. Die Schnittebene wird gebildet von der Tangentialebene an das Werkstück in dem jeweiligen Bearbeitungspunkt. Bei der Entwicklung des erfindungsgemäßen Verfahrens wurde überraschenderweise festgestellt, daß sich mittels der angegebenen Verfahrensmaßnahmen das erzielbare Schneidergebnis wesentlich verbessern bzw. die Schneidgeschwindigkeit ohne Beeinträchtigung der Schnittqualität erhöhen läßt. Bei gegebener Schnittqualität ist eine Verdopplung der Schnittgeschwindigkeit gegenüber herkömmlichen Strahlschneidverfahren ohne weiteres realisierbar. Ein gedankliches Modell zur Erklärung des beobachteten Phänomens geht davon aus, daß bei erfindungsgemäßem Einsatz zweier winkelig zueinander verlaufender Schneidstrahlen der eine Schneidstrahl den anderen stützt und daß dadurch die Schneidwirkung wenigstens eines der Schneidstrahlen verstärkt wird, indem aufgrund der Stützwirkung ein seitliches Ausbrechen des betreffenden Schneidstrahls gegenüber dem zu bearbeitenden Werkstück verhindert wird.

40 Eine "unmittelbar benachbarte" Anordnung der Schneidstrahlen liegt im Sinne der Erfindung dann vor, wenn der Abstand der Auftreppunkte der Schneidstrahlen an der Schnittlinie derart gering ist, daß die beschriebene Verstärkung der Schneidwirkung wenigstens eines der Schneidstrahlen erreicht wird.

**[0009]** Hervorragende Bearbeitungsergebnisse lassen sich dadurch erzielen, daß ein erster Schneidstrahl im wesentlichen senkrecht und ein zweiter Schneidstrahl unter einem von einem rechten Winkel abweichenden Winkel auf das Werkstück gerichtet wird. Alternativ können jedoch auch zwei Schneidstrahlen unter einem von einem rechten Winkel abweichenden Winkel auf das Werkstück gerichtet werden.

**[0010]** Eine weitere Verfahrensvariante ist dadurch gekennzeichnet, daß zwei Schneidstrahlen derart auf das Werkstück gerichtet werden, daß die Strahlachsen einen Winkel von weniger als 60° einschließen.

**[0011]** Grundsätzlich lassen sich die Vorteile des er-

findungsgemäßen Verfahrens mit Schneidstrahlen aus unterschiedlichen Schneidmedien erreichen. In bevorzugter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden Schneidstrahlen in Form von vorzugsweise Abrasivmittel führenden Druckwasserstrahlen auf das Werkstück gerichtet. Dabei werden die Druckwasserstrahlen zweckmäßigerweise unter einem Druck von 2800 bar bis 3400 bar auf das Werkstück gerichtet. Eine bevorzugte Version des erfindungsgemäßen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, daß zum Anschneiden des Werkstücks lediglich ein Schneidstrahl und nach dem Anschneiden des Werkstücks ein weiterer Schneidstrahl auf das Werkstück gerichtet wird.

**[0012]** Zweckmäßigerweise werden dabei beim Anschneiden des Werkstücks der eine Schneidstrahl und das Werkstück mit verhältnismäßig geringer Relativgeschwindigkeit bewegt und wird die Relativgeschwindigkeit bis maximal auf die Schnitt-Endgeschwindigkeit erhöht, nachdem der weitere Schneidstrahl auf das Werkstück gerichtet worden ist.

**[0013]** Die eingangs genannte vorrichtungsbezogene Aufgabe wird nach der Erfindung dadurch gelöst, daß an gattungsgemäßen Bearbeitungsmaschinen die gleichzeitig im Schneidbetrieb befindlichen Schneideinheiten und das Werkstück entlang einer gemeinsamen Schnittlinie der Schneideinheiten relativ zueinander bewegbar sind, wobei die Schneideinheiten derart angeordnet und ausgerichtet sind, daß die Schneidstrahlen eine in Schnittrichtung verlaufende Schneidstrahlebene aufspannen, daß sich die Strahlachsen der Schneidstrahlen unterhalb des Werkstückes schneiden und daß die Strahlachsen einander an der Schnittlinie unmittelbar benachbart verlaufen.

**[0014]** Um eine Variierung der Ausrichtung der Schneidstrahlen zueinander zu ermöglichen, ist im Falle einer vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine vorgesehen, daß wenigstens eine Schneideinheit um eine im wesentlichen parallel zu der Schnittebene verlaufende Schwenkachse gegenüber der zugeordneten Schneideinheit schwenkbar und in der jeweiligen Schwenkstellung festlegbar ist. An einer derartigen Bearbeitungsmaschine lassen sich die Schneidstrahlen parallel zueinander oder unter veränderlichen Winkeln zueinander ausrichten. Dementsprechend kann die Bearbeitungsmaschine flexibel an unterschiedliche Einsatzforderungen angepaßt werden.

**[0015]** Eine weitere Möglichkeit zur Variierung des Verlaufs der Schneidstrahlen zueinander bietet eine Version der erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine, an der die Schneideinheiten im wesentlichen parallel zu der Schnittebene in Schnittrichtung, relativ zueinander verschiebbar angebracht sind.

**[0016]** Im Schneidbetrieb nehmen die Schneidstrahlen zweckmäßigerweise eine bestimmte Lage bezogen auf die Schnittrichtung ein. Dabei wird die Position der Schneidstrahlen gegenüber der Schnittrichtung definiert durch den Verlauf der durch die Schneidstrahlen

aufgespannten Schneidstrahlebene gegenüber der Schnittrichtung. Soll nun die Schnittrichtung geändert werden, so ist die Position der Schneidstrahlen gegenüber der geänderten Schnittrichtung beizubehalten. Zu diesem Zweck ist die Schneidstrahlebene gegenüber dem Werkstück zu verlagern. Eine derartige Verlagerung der Schneidstrahlebene wird bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine dadurch ermöglicht, daß wenigstens eine Schneideinheit um eine im wesentlichen senkrecht zu der Schnittebene verlaufende Dreh-Schwenk-Achse relativ zu dem Werkstück drehschwenkbar ist. Eine Änderung der Schnittrichtung sowie eine damit verbundene Drehschwenkbewegung wenigstens einer Schneideinheit kann dabei sowohl im laufenden Schneidbetrieb als auch nach Fertigstellung eines Trennschnitts vorgenommen werden. Im erstgenannten Fall ergibt sich ein kurvenförmiger Trennschnitt, im zweitgenannten Fall kann an den fertigen Trennschnitt ein davon ausgehender und winkelig dazu verlaufender weiterer Trennschnitt angesetzt werden.

**[0017]** Eine kompakte Bearbeitungsmaschine ergibt sich, wenn die Schneideinheiten an einem gemeinsamen Schneidkopf der Bearbeitungsmaschine vorgesehen sind.

**[0018]** Eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine, an der als Schneideinheiten Druckwassereinheiten vorgesehen sind, zeichnet sich dadurch aus, daß für jeden Druckwasserstrahl eine Abrasivmittelversorgung vorgesehen ist. Dadurch lassen sich die Schneidstrahlen in ihrem Schneidverhalten unabhängig voneinander modifizieren.

**[0019]** Der Flexibilisierung der Werkstückbearbeitung dient es ebenfalls, daß die Schneideinheiten, wie in Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, getrennt mit der zugeordneten Quelle für den Schneidstrahl verbindbar sind. In Abhängigkeit von den Erfordernissen des konkreten Einsatzfalles bzw. in Abhängigkeit von der jeweiligen Phase des Schneidvorganges lassen sich die Schneideinheiten gemeinsam oder einzeln schneidend betreiben.

**[0020]** Eine Voraussetzung für eine automatisierte Werkstückbearbeitung wird dadurch geschaffen, daß die Schneideinheiten mittels einer Zuschaltsteuerung gesteuert mit der zugeordneten Quelle für den Schneidstrahl verbindbar sind.

**[0021]** Erfindungsgemäße Bearbeitungsmaschinen, deren Schneideinheiten getrennt und/oder mittels einer Zuschaltsteuerung gesteuert mit der zugeordneten Quelle für den Schneidstrahl verbindbar sind, werden beispielsweise auch zur Umsetzung derjenigen Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens eingesetzt, bei der das zu bearbeitende Werkstück mit lediglich einem Schneidstrahl angeschnitten und danach mit zwei Schneidstrahlen weiterbearbeitet wird.

**[0022]** Eine weitere bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine, die mit

einer Geschwindigkeitssteuerung zur Steuerung der Relativgeschwindigkeit zwischen den Schneideeinheiten und dem Werkstück versehen ist, zeichnet sich dadurch aus, daß mittels der Geschwindigkeitssteuerung die Relativgeschwindigkeit zwischen den Schneideeinheiten und dem Werkstück in Abhängigkeit von der Anzahl der einen Schneidstrahl auf das Werkstück richtenden Schneideeinheiten und/oder der Dauer der Zuschaltung der Schneideeinheiten gesteuert ist. Eine derartige Bearbeitungsmaschine ist ebenfalls vorzugsweise für den vorstehend beschriebenen Zweiphasen-Schneidbetrieb bestimmt. In der Anschneidphase, in der lediglich ein Schneidstrahl auf das Werkstück gerichtet ist, wird über die Geschwindigkeitssteuerung eine verhältnismäßig niedrige Relativgeschwindigkeit zwischen der im Schneidbetrieb befindlichen Schneideinheit und dem Werkstück eingestellt. In dieser Phase arbeitet die erfindungsgemäße Bearbeitungsmaschine nach dem herkömmlichen Bearbeitungsverfahren, demgemäß der Trennschnitt mittels eines einzigen Bearbeitungsstrahls hergestellt wird. Nach Beendigung des Anschliffs erreicht auch der dem Schneidstrahl der ersten Schneideinheit nacheilende Schneidstrahl der zweiten Schneideinheit das Werkstück. Nunmehr läßt sich die Schnittgeschwindigkeit erhöhen. Da der nach dem Anschliff das Werkstück erreichende zweite Schneidstrahl seine volle Wirksamkeit nicht bereits mit dem Erreichen des Werkstücks entfaltet, ist es zweckmäßig, daß die Schnittgeschwindigkeit, also die Relativgeschwindigkeit zwischen den Schneideeinheiten und dem Werkstück nicht abrupt sondern vielmehr allmählich erhöht wird, sobald die zweite Schneideinheit das Werkstück erreicht hat. Dies wird mittels der Geschwindigkeitssteuerung bewerkstelligt, welche die Relativgeschwindigkeit zwischen Schneideeinheiten und Werkstück nach dem Wirksamwerden der zweiten Schneideinheit nach und nach steigert. Bei entsprechender Steuerung der Schneideeinheiten kann an der erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine die zweite nacheilende Schneideinheit erst nach Beendigung des Anschliffs durch die voreilende erste Schneideinheit mit der zugeordneten Quelle für den Schneidstrahl verbunden werden. In diesem Fall wird während der Anschliffphase lediglich von einer Schneideinheit ein Schneidstrahl ausgesandt.

**[0023]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand schematischer Darstellungen zu Ausführungsbeispielen der erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 den Schneidkopf einer Wasserstrahl-Schneidmaschine mit einem Schneidkopf mit integrierten Schneideinheiten und  
 Figur 2 den Schneidkopf einer Wasserstrahl-Schneidmaschine mit einem Schneidkopf mit separaten Schneideinheiten.

**[0024]** In Figur 1 dargestellt ist ein Schneidkopf 1 ei-

ner Wasserstrahl-Schneidmaschine, der in Richtung eines Pfeils 2 relativ zu einem ortsfesten Werkstück in Form einer Blechtafel 3 verschoben wird. Der Schneidkopf 1 ist an dem die Blechtafel 3 portalartig übergreifenden Träger eines Maschinenschlittens angebracht. Der Maschinenschlitten kann an der Blechtafel 3 entlang verfahren werden. Gleichzeitig läßt sich der Schneidkopf 1 in Längsrichtung des Trägers und somit in Querrichtung der Verfahrrichtung des Maschinenschlittens gesteuert bewegen. Dementsprechend kann der Schneidkopf 1 jeden Punkt in der Blechtafel ebene erreichen.

**[0025]** In den Schneidkopf 1 integriert sind zwei Schneideinheiten 4, 5, welche die Blechtafel 3 im Schneidbetrieb mit Schneidstrahlen 6, 7 in Form von Hochdruckwasserstrahlen beaufschlagen, deren Strahlachsen sich unterhalb der Schnittebene schneiden. Dabei richtet die Schneideinheit 4 ihren Schneidstrahl 6 unter einem im wesentlichen rechten Winkel auf die Oberfläche der Blechtafel 3. Der von der Schneideinheit 5 ausgesandte Schneidstrahl 7 verläuft unter einem von einem rechten Winkel abweichenden Winkel gegenüber der Werkstückoberfläche. Die Schneidstrahlen 6, 7 bzw. deren Strahlachsen spannen eine senkrecht zu der Blechtafel 3 verlaufende Schneidstrahlebene auf.

**[0026]** An der der Blechtafel 3 abgewandten Seite sind die Schneideinheiten 4, 5 über Anschlüsse 8, 9 und in Figur 1 angedeutete Hochdruckleitungen 10, 11 mit jeweils einer Hochdruckpumpe verbunden. Der gesamte Schneidkopf 1 kann um eine in Richtung der Strahlachse des Schneidstrahls 6 verlaufende Dreh-Schwenk-Achse 12 in Richtung eines Pfeils 13 verschwenkt werden.

**[0027]** Soll nun mittels des Schneidkopfs 1 ein Trennschnitt in die Blechtafel 3 eingebracht werden, so werden die Schneideinheiten 4, 5 mit der Hochdruckpumpe verbunden. Der von der Schneideinheit 4 ausgesandte Schneidstrahl 6 eilt dem von der Schneideinheit 5 ausgesandten Schneidstrahl 7 in Schnittrichtung, das heißt, in Richtung des Pfeils 2. voraus. Der von der Schneideinheit 4 ausgesandte Schneidstrahl 6 durchdringt die Blechtafel 3 und stellt unter Verfahren des Schneidkopfs 1 in die durch den Pfeil 2 symbolisierte Schnittrichtung den Anschliff her. Sobald der Anschliff fertiggestellt ist, erreicht der von der Schneideinheit 5 ausgesandte Schneidstrahl 7 ebenfalls die Blechtafel 3. Nachdem der Schneidstrahl 7 die Blechtafel 3 erreicht hat, wird die Verfahrgeschwindigkeit des Schneidkopfs 1 gegenüber der Blechtafel 3 ausgehend von einer relativ niedrigen Anschlittgeschwindigkeit bis auf Schnitt-Endgeschwindigkeit erhöht. Auch während des nachfolgenden Schneidvorgangs ist der von der Schneideinheit 4 ausgehende Schneidstrahl 6 dem Schneidstrahl 7 in Schnittrichtung 2 vorauselend auf die Blechtafel 3 gerichtet. Die von den Schneidstrahlen 6, 7 aufgespannte Schneidstrahlebene verläuft in Schnittrichtung. Der Druck der Schneidstrahlen 6, 7 beträgt rund 3000 bar.

**[0028]** Zum Andern der Schnittrichtung wird der Schneidkopf 1 um die Dreh-Schwenk-Achse 12 verschwenkt. Auf diese Art und Weise können mittels der dargestellten Schneidmaschine kurvenförmige Trennschnitte ebenso hergestellt werden wie unter einem Winkel aneinanderstoßende geradlinige Trennschnitte.

**[0029]** Die in Figur 2 teilweise dargestellte Schneidmaschine besitzt einen Schneidkopf 21 mit zwei separaten Schneideinheiten 24, 25. Entlang eines Trägers 34 eines Maschinenschlittens ist der Schneidkopf 21 in Richtung eines die Schnittrichtung symbolisierenden Pfeiles 22 gegenüber einem Werkstück in Form einer Blechtafel 23 motorisch angetrieben bewegbar. Gleichzeitig kann der Maschinenschlitten senkrecht zu der Zeichenebene gemäß Figur 2 verfahren werden.

**[0030]** Die Schneideinheiten 24, 25 sind um eine im wesentlichen parallel zu der Ebene der Blechtafel 23, das heißt zu der Schnittebene, verlaufende Schwenkachse 35 schwenkbar miteinander verbunden. Zur Herstellung der Schwenkverbindung dienen klammerartige Halterungen 36, 37 welche die Schneideinheiten 24, 25 umschließen. Mittels eines Spindeltriebs 38 ist die Schneideeinheit 25 im Innern ihrer Halterung 37 in Richtung eines Doppelpfeils 39 zustellbar. Zusätzlich kann die Schneideeinheit 25 in Richtung eines Doppelpfeils 41 verschoben werden. Die Halterung 36, welche die Schneideeinheit 24 umgreift, kann in Richtung eines Doppelpfeils 40 im wesentlichen senkrecht zu der Ebene der Blechtafel 23 zugestellt werden. Um eine Dreh-Schwenk-Achse 32 lässt sich der gesamte Schneidkopf 21 in Richtung eines Doppelpfeils 33 motorisch verschwenken.

**[0031]** Im Schneidbetrieb richten die Schneideinheiten 24, 25 in Figur 2 lediglich angedeutete Schneidstrahlen 26, 27 auf die Oberfläche der Blechtafel 23. Dabei verläuft der Schneidstrahl 26 der Schneideinheit 24 im wesentlichen senkrecht zu der Werkstückoberfläche: der Schneidstrahl 27 der Schneideinheit 25 schließt mit der Werkstückoberfläche einen von einem rechten Winkel abweichenden Winkel ein. Die beiden Schneidstrahlen 26, 27 schneiden sich in der Schnittebene und spannen eine in Schnittrichtung, das heißt in Richtung des Pfeils 22 verlaufende Schneidstrahlebene auf.

**[0032]** Erzeugt werden die Schneidstrahlen 26, 27 mittels unter Druck stehendem Schneidwasser, das den Schneideinheiten 24, 25 über Hochdruckleitungen 30, 31 zugeführt wird. Zur Variierung der Schneidwirkung können die Schneidstrahlen 26, 27 über Zuleitungen 42, 43 mit Abrasivmittel beaufschlagt werden. Dabei ist für die Schneidstrahlen 26, 27 jeweils eine eigene Abrasivmittelversorgung vorgesehen. Auf diese Art und Weise lassen sich die Schneidstrahlen 26, 27 in ihrem Schneidverhalten an die Erfordernisse des jeweiligen Einsatzfalles anpassen.

**[0033]** Ebenfalls der Anpassung an unterschiedliche Einsatzbedingungen dienen die sich aus den vorstehenden Ausführungen ergebenden Verstellmöglichkei-

ten der Schneideinheiten 24, 25. So lässt sich durch Verschwenken der Schneideinheit 25 um die Schwenkachse 35 der von den Schneidstrahlen 26, 27, bzw. den Strahlachsen eingeschlossene Winkel verändern.

- 5 Durch Verfahren der Schneideinheit 25 in Richtung des Doppelpfeils 39 kann die Lage des Schnittpunkts der Schneidstrahlen 26, 27 bezogen auf die Ebene der Blechtafel 23 variiert werden. Eine Zustellmöglichkeit für die Schneideinheit 25 gegenüber der Oberfläche der Blechtafel 23 bietet die Verstellbarkeit der Schneideinheit 25 in Richtung des Doppelpfeils 41. Eine Verstellung der Schneideinheit 25 in Richtung des Doppelpfeils 39 wird mit einer Verstellung der Schneideinheit 25 in Richtung des Doppelpfeils 41 verbunden, sofern zwar 10 die Lage des Schnittpunkts der Schneidstrahlen 26, 27 bzw. der Strahlachsen gegenüber der Blechtafel 23 verändert, der Abstand des Strahlaustritts an der Schneideinheit 25 von der Blechtafel 23 aber gleichbleiben soll.
- 15 **[0034]** In ihrer grundsätzlichen Arbeitsweise stimmt 20 die Bearbeitungsmaschine gemäß Figur 2 mit der in Figur 1 gezeigten und vorstehend beschriebenen Ausführungsform überein. Beide Bearbeitungsmaschinen sind selbstverständlich auch zur Bearbeitung von Werkstücken mit gekrümmter Werkstückoberfläche geeignet.

25

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Strahlschneiden von Werkstücken (3, 23) mittels wenigstens zweier Schneidstrahlen (6, 7, 26, 27) in Form von Druckmittelstrahlen, wobei die Schneidstrahlen (6, 7, 26, 27) von ein und derselben Seite des zu bearbeitenden Werkstücks (3, 23) aus und mit sich, schneidenden Strahlachsen auf das zu bearbeitende Werkstück (3, 23) gerichtet und das Werkstück (3, 23) und die Schneidstrahlen (6, 7, 26, 27) in Querrichtung der Schneidstrahlen (6, 7, 26, 27) relativ zueinander bewegt werden und wobei die Schneidstrahlen (6, 7, 26, 27) eine in Schnittrichtung (2, 22) verlaufende Schneidstrahlebene aufliegen, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schneidstrahlen (6, 7, 26, 27) derart auf das zu bearbeitende Werkstück (3, 23) gerichtet werden, daß sich die Strahlachsen unterhalb des Werkstückes schneiden und daß die Strahlachsen einander an der Schnittlinie unmittelbar benachbart verlaufen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein erster Schneidstrahl (6, 26) im wesentlichen senkrecht und ein zweiter Schneidstrahl (7, 27) unter einem von einem rechten Winkel abweichenden Winkel auf das Werkstück (3, 23) gerichtet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwei Schneidstrahlen unter einem von einem rechten Winkel abweichenden Winkel

- auf das Werkstück gerichtet werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwei Schneidstrahlen (6,7,26,27) derart auf das Werkstück (3,23) gerichtet werden, daß die Strahlachsen einen Winkel von weniger als 60° einschließen.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** Schneidstrahlen (6,7,26,27) in Form von vorzugsweise Abrasivmittel führenden Druckwasserstrahlen auf das Werkstück (3,23) gerichtet werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Druckwasserstrahlen (6,7,26,27) unter einem Druck von 2800 bar bis 3400 bar auf das Werkstück (3,23) gerichtet werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** zum Anschneiden des Werkstücks (3,23) lediglich ein Schneidstrahl (6,26) und nach dem Anschneiden des Werkstücks (3,23) ein weiterer Schneidstrahl (7,27) auf das Werkstück (3,23) gerichtet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** beim Anschneiden des Werkstücks (3,23) der eine Schneidstrahl (6,26) und das Werkstück (3,23) mit verhältnismäßig geringer Relativgeschwindigkeit bewegt werden und daß die Relativgeschwindigkeit bis maximal auf die Schnitt-Endgeschwindigkeit erhöht wird, nachdem der weitere Schneidstrahl (7,27) auf das Werkstück (3,23) gerichtet worden ist.
9. Bearbeitungsmaschine zur Durchführung des Verfahrens nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 8, mit wenigstens zwei Schneideinheiten (4, 5, 24, 25), die auf ein und derselben Seite des zu bearbeitenden Werkstücks (3, 23) angeordnet sind, mit zumindest einer Quelle für einen Schneidstrahl (6, 7, 26, 27) in Form eines Druckmittelstrahls in Verbindung stehen und im Schneidbetrieb jeweils einen Schneidstrahl (6, 7, 26, 27) in Form eines Druckmittelstrahls aussenden, wobei die gleichzeitig im Schneidbetrieb befindlichen Schneideinheiten (4, 5, 24, 25) und das zu bearbeitende Werkstück (3, 23) in Schnittrichtung (2, 22) relativ zueinander bewegbar sind, **dadurch gekennzeichnet, daß** die gleichzeitig im Schneidbetrieb befindlichen Schneideinheiten (4, 5, 24, 25) und das Werkstück (3, 23) entlang einer gemeinsamen Schnittlinie der Schneideinheiten (4, 5, 24, 25) relativ zueinander bewegbar sind, wobei die Schneideinheiten (4, 5, 24, 25) derart angeordnet und ausgerichtet sind, daß die Schneidstrahlen (6, 7, 26, 27) eine in Schnittrichtung (2, 22) verlaufende Schneidstrahle-
- bene aufspannen daß sich die Strahlachsen der Schneidstrahlen (6, 7, 26, 27) unterhalb der Werkstückes schneiden und daß die Strahlachsen einander an der Schnittlinie unmittelbar benachbart verlaufen.
10. Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** wenigstens eine Schneideeinheit (24,25) um eine im wesentlichen parallel zu der Schnittebene verlaufende Schwenkachse (35) gegenüber der zugeordneten Schneideeinheit (24,25) schwenkbar und in der jeweiligen Schwenkstellung festlegbar ist.
11. Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schneideeinheiten (24,25) im wesentlichen parallel zu der Schnittebene, in Schnittrichtung (22) relativ zueinander verschiebbar angebracht sind.
12. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** wenigstens eine Schneideeinheit (4,5,24,25) um eine im wesentlichen senkrecht zu der Schnittebene verlaufende Dreh-Schwenk-Achse (12,32) relativ zu dem Werkstück (3,23) drehschwenkbar ist.
13. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schneideinheiten (4,5) an einem gemeinsamen Schneidkopf (1) der Bearbeitungsmaschine vorgesehen sind.
14. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 9 bis 13, wobei als Schneideinheiten (4,5,24,25) Druckwassereinheiten vorgesehen sind, **dadurch gekennzeichnet, daß** für jeden Druckwasserstrahl eine Abrasivmittelversorgung vorgesehen ist.
15. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 9 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schneideinheiten (4,5,24,25) getrennt mit der zugeordneten Quelle für den Schneidstrahl (6,7,26,27) verbindbar sind.
16. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 9 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schneideinheiten (4,5,24,25) mittels einer Zuschaltsteuerung gesteuert mit der zugeordneten Quelle für den Schneidstrahl (6,7,26,27) verbindbar sind.
17. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 9 bis 16, mit einer Geschwindigkeitssteuerung zur Steuerung der Relativgeschwindigkeit zwischen den Schneideinheiten (4,5,24,25) und dem Werkstück (3,23), **dadurch gekennzeichnet, daß** mittels der Geschwindigkeitssteuerung die Relativge-

schwindigkeit zwischen den Schneideeinheiten (4,5,24,25) und dem Werkstück (3,23) in Abhängigkeit von der Anzahl der einen Schneidstrahl (6,7,26,27) auf das Werkstück (3,23) richtenden Schneideeinheiten (4,5,24,25) und/ oder der Dauer der Zuschaltung der Schneideeinheiten (4,5,24,25) gesteuert ist.

### Claims

1. Method for fluid-jet-cutting workpieces (3, 23) by means of at least two cutting jets (6, 7, 26, 27) in the form of pressure medium jets, the cutting jets (6, 7, 26, 27) being directed towards the workpiece (3, 23) to be processed starting from one and the same side of the workpiece (3, 23) to be processed and having intersecting jet axes, and the workpiece (3, 23) and the cutting jets (6, 7, 26, 27) being moved relative to each other in the transverse direction of the cutting jets (6, 7, 26, 27), and the cutting jets (6, 7, 26, 27) defining a cutting-jet plane which extends in the cutting direction (2, 22), **characterised in that** the cutting jets (6, 7, 26, 27) are directed towards the workpiece (3, 23) to be processed in such a manner that the jet axes intersect with each other below the workpiece and that the jet axes extend immediately adjacent to each other at the line of cutting.
  
2. Method according to claim 1, **characterised in that** a first cutting jet (6, 26) is directed towards the workpiece (3, 23) substantially perpendicularly and a second cutting jet (7, 27) is directed towards the workpiece (3, 23) at an angle which deviates from the perpendicular.
  
3. Method according to claim 1, **characterised in that** two cutting jets are directed towards the workpiece at an angle which deviates from the perpendicular.
  
4. Method according to any one of claims 1 to 3, **characterised in that** two cutting jets (6, 7, 26, 27) are directed towards the workpiece (3, 23) in such a manner that the jet axes enclose an angle of less than 60°.
  
5. Method according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** cutting jets (6, 7, 26, 27) in the form of pressurised water jets, which preferably carry abrasive media, are directed towards the workpiece (3, 23).
  
6. Method according to claim 5, **characterised in that** the pressurised water jets (6, 7, 26, 27) are directed towards the workpiece (3, 23) at a pressure of from 2800 bar to 3400 bar.

7. Method according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** only one cutting jet (6, 26) is directed towards the workpiece (3, 23) for the initial cutting of the workpiece (3, 23) and another cutting jet (7, 27) is directed towards the workpiece (3, 23) after the initial cutting of the workpiece (3, 23).
  
8. Method according to claim 7, **characterised in that**, during the initial cutting of the workpiece (3, 23), the first cutting jet (6, 26) and the workpiece (3, 23) are moved at a relatively low relative speed, and **in that** the relative speed is increased up to the maximum final cutting speed after the other cutting jet (7, 27) has been directed towards the workpiece (3, 23).
  
9. Processing machine for carrying out the method according to at least one of claims 1 to 8, having at least two cutting units (4, 5, 24, 25) which are arranged at one and the same side of the workpiece (3, 23) to be processed, which are connected to at least one source for a cutting jet (6, 7, 26, 27) in the form of a pressure-medium jet and which, during cutting operation, each emit a cutting jet (6, 7, 26, 27) in the form of a pressure-medium jet, the cutting units (4, 5, 24, 25) which are simultaneously in cutting operation and the workpiece (3, 23) to be processed being movable relative to each other in the cutting direction (2, 22), **characterised in that** the cutting units (4, 5, 24, 25) which are simultaneously in cutting operation and the workpiece (3, 23) can be moved relative to each other along a common line of cutting of the cutting units (4, 5, 24, 25), the cutting units (4, 5, 24, 25) being arranged and aligned in such a manner that the cutting jets (6, 7, 26, 27) define a cutting-jet plane which extends in the cutting direction (2, 22), that the jet axes of the cutting jets (6, 7, 26, 27) intersect with each other below the workpiece and that the jet axes extend immediately adjacent to each other at the line of cutting.
  
10. Processing machine according to claim 9, **characterised in that** at least one cutting unit (24, 25) can pivot about a pivot axis (35), which extends substantially parallel with the cutting plane, relative to the associated cutting unit (24, 25) and can be fixed in the respective pivot position.
  
11. Processing machine according to claim 9 or claim 10, **characterised in that** the cutting units (24, 25) are fitted in a displaceable manner relative to each other in the cutting direction (22) substantially parallel with the cutting plane.
  
12. Processing machine according to any one of claims 9 to 11, **characterised in that** at least one cutting unit (4, 5, 24, 25) can pivot and rotate about a piv-

- oting and rotating axis (12, 32), which extends substantially perpendicularly to the cutting plane, relative to the workpiece (3, 23).
13. Processing machine according to any one of claims 9 to 12, **characterised in that** the cutting units (4, 5) are provided on a common cutting head (1) of the processing machine.
14. Processing machine according to any one of claims 9 to 13, wherein pressurised water units are provided as the cutting units (4, 5, 24, 25), **characterised in that** one abrasive medium supply is provided for each pressurised water jet.
15. Processing machine according to any one of claims 9 to 14, **characterised in that** the cutting units (4, 5, 24, 25) can be connected separately to the associated source for the cutting jet (6, 7, 26, 27).
16. Processing machine according to any one of claims 9 to 15, **characterised in that** the cutting units (4, 5, 24, 25) can be connected in a controlled manner to the associated source for the cutting jet (6, 7, 26, 27) by means of a connection control.
17. Processing machine according to any one of claims 9 to 16, having a speed control for controlling the relative speed between the cutting units (4, 5, 24, 25) and the workpiece (3, 23), **characterised in that** the relative speed between the cutting units (4, 5, 24, 25) and the workpiece (3, 23) is controlled by means of the speed control dependent on the number of cutting units (4, 5, 24, 25), which direct a cutting jet (6, 7, 26, 27) towards the workpiece (3, 23), and/or the duration of the connection of the cutting units (4, 5, 24, 25).
- Revendications**
1. Procédé pour le découpage par jet de pièces (3, 23) au moyen d'au moins deux jets de découpe (6, 7, 26, 27) se présentant sous forme de jets d'un fluide sous pression, les jets de découpe (6, 7, 26, 27) étant dirigés depuis un seul et même côté de la pièce à travailler (3, 23) et avec des axes de jets se coupant dirigés sur la pièce à travailler (3, 23), et la pièce à travailler (3, 23) et les jets de découpe (6, 7, 26, 27) étant réciproquement déplacés dans le sens transversal aux jets de découpe (6, 7, 26, 27) et les jets de découpe (6, 7, 26, 27) formant un plan de jet de découpe s'étendant dans le sens de la coupe (2, 22), **caractérisé en ce que** les jets de découpe (6, 7, 26, 27) sont dirigés sur la pièce à travailler (3, 23) de telle sorte que les axes des jets se coupent au-dessous de la pièce à travailler et **en ce que** les axes des jets s'étendent de façon à être à proximité immédiate l'un de l'autre sur la ligne de coupe.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'un** premier jet de découpe (6, 26) est dirigé pour l'essentiel perpendiculairement et un second jet de découpe (7, 27) suivant un angle déviant d'un angle droit sur la pièce (3, 23).
- 10 3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** deux jets de découpe sont dirigés sur la pièce suivant un angle déviant d'un angle droit.
- 15 4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** deux jets de découpe (6, 7, 26, 27) sont dirigés sur la pièce à travailler (3, 23) de telle sorte que les axes de jet forment un angle inférieur à 60 °.
- 20 5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** les jets de découpe (6, 7, 26, 27) de préférence sous forme de jets d'eau sous pression entraînant un agent abrasif sont dirigés sur la pièce (3, 23).
- 25 6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** les jets d'eau sous pression (6, 7, 26, 27) sont dirigés sur la pièce (3, 23) sous une pression de 2 800 à 3 400 bars.
- 30 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** pour le découpage de la pièce (3, 23) seul un jet de découpe (6, 26) et après le début de découpage de la pièce (3, 23) un autre jet de découpe (7, 27) est dirigé sur la pièce (3, 23).
- 35 8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** lors du début de découpage de la pièce (3, 23), l'un des jets de découpe (6, 26) et la pièce (3, 23) sont déplacés à une vitesse relative proportionnellement lente, et **en ce que** la vitesse relative est augmentée au maximum jusqu'à la vitesse de coupe finale, après que l'autre jet de découpe (7, 27) a été dirigé sur la pièce (3, 23).
- 40 9. Dispositif de façonnage pour la mise en oeuvre du procédé selon au moins l'une des revendications 1 à 8, avec au moins deux unités de découpe (4, 5, 24, 25), qui sont disposées d'un seul et même côté de la pièce à travailler (3, 23), et connectées à au moins une source pour un jet de découpe (6, 7, 26, 27) se présentant sous forme d'un jet de fluide sous pression et qui en cours de découpage émettent respectivement un jet de découpe (6, 7, 26, 27) sous forme d'un jet de fluide sous pression, les unités de découpe (4, 5, 24, 25) se trouvant simultanément en cours de découpage et la pièce à travailler (3, 23) pouvant être déplacées les unes par

- rapport aux autres dans le sens de la coupe (2, 22), **caractérisé en ce que** les unités de découpe (4, 5, 24, 25) se trouvant simultanément en cours de découpage et la pièce à travailler (3, 23) peuvent être déplacées les unes par rapport aux autres le long d'une ligne de coupe commune des unités de découpe (4, 5, 24, 25), les unités de découpe (4, 5, 24, 25) étant disposées et dirigées de telle sorte que les jets de découpe (6, 7, 26, 27) forment un plan de jet de coupe s'étendant dans le sens de coupe (2, 22), **en ce que** les axes des jets des jets de découpe (6, 7, 26, 27) se coupent au-dessous de la pièce, et **en ce que** les axes des jets s'étendent au niveau de la ligne de coupe de façon à être à proximité immédiate l'un de l'autre.
- 5
10. Dispositif de façonnage selon la revendication 9, **caractérisé en ce qu'**au moins une unité de découpe (24, 25) peut pivoter autour d'un axe de pivotement (35) s'étendant essentiellement parallèlement au plan de coupe par rapport à l'unité de découpe associée (24, 25) et **en ce qu'**elle peut être fixée dans la position de pivotement correspondante.
- 15
11. Dispositif de façonnage selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que** les unités de découpe (24, 25) sont disposées de façon à être déplaçables l'une par rapport à l'autre dans le sens de la coupe (2, 22) essentiellement parallèlement au plan de coupe.
- 20
12. Dispositif de façonnage selon l'une des revendications 9 à 11, **caractérisé en ce qu'**au moins une unité de découpe (4, 5, 24, 25) peut être pivotée par rapport à la pièce (3, 23) autour d'un axe de rotation et de pivotement (12, 32) s'étendant essentiellement perpendiculairement au plan de coupe.
- 25
13. Dispositif de façonnage selon l'une des revendications 9 à 12, **caractérisé en ce que** les unités de découpe (4, 5) sont prévues sur une tête découpuse commune (1) du dispositif de façonnage.
- 30
14. Dispositif de façonnage selon l'une des revendications 9 à 13, dans lequel il est prévu en tant qu'unités de découpe (4, 5, 24, 25) des unités d'eau sous pression, **caractérisé en ce qu'**une source d'alimentation en agent abrasif est prévue pour chaque jet d'eau sous pression.
- 35
15. Dispositif de façonnage selon l'une des revendications 9 à 14, **caractérisé en ce que** les unités de découpe (4, 5, 24, 25) peuvent être connectées séparément à la source associée au jet de découpe (6, 7, 26, 27).
- 40
16. Dispositif de façonnage selon l'une des revendications 9 à 15, **caractérisé en ce que** les unités de découpe (4, 5, 24, 25), commandées au moyen d'une commande de raccordement ou de mise en circuit, peuvent être connectées à la source associée au jet de découpe (6, 7, 26, 27).
- 45
17. Dispositif de façonnage selon l'une des revendications 9 à 16, pourvu d'un dispositif de commande de vitesse pour réguler la vitesse relative entre les unités de découpe (4, 5, 24, 25) et la pièce (3, 23), **caractérisé en ce que** la vitesse relative entre les unités de découpe (4, 5, 24, 25) et la pièce (3, 23) est régulée par le dispositif de commande de vitesse en fonction du nombre d'unités de découpe (4, 5, 24, 25) dirigeant un jet de découpe (6, 7, 26, 27) sur la pièce (3, 23) et/ou de la durée de raccordement des unités de découpe (4, 5, 24, 25).
- 50
- 55

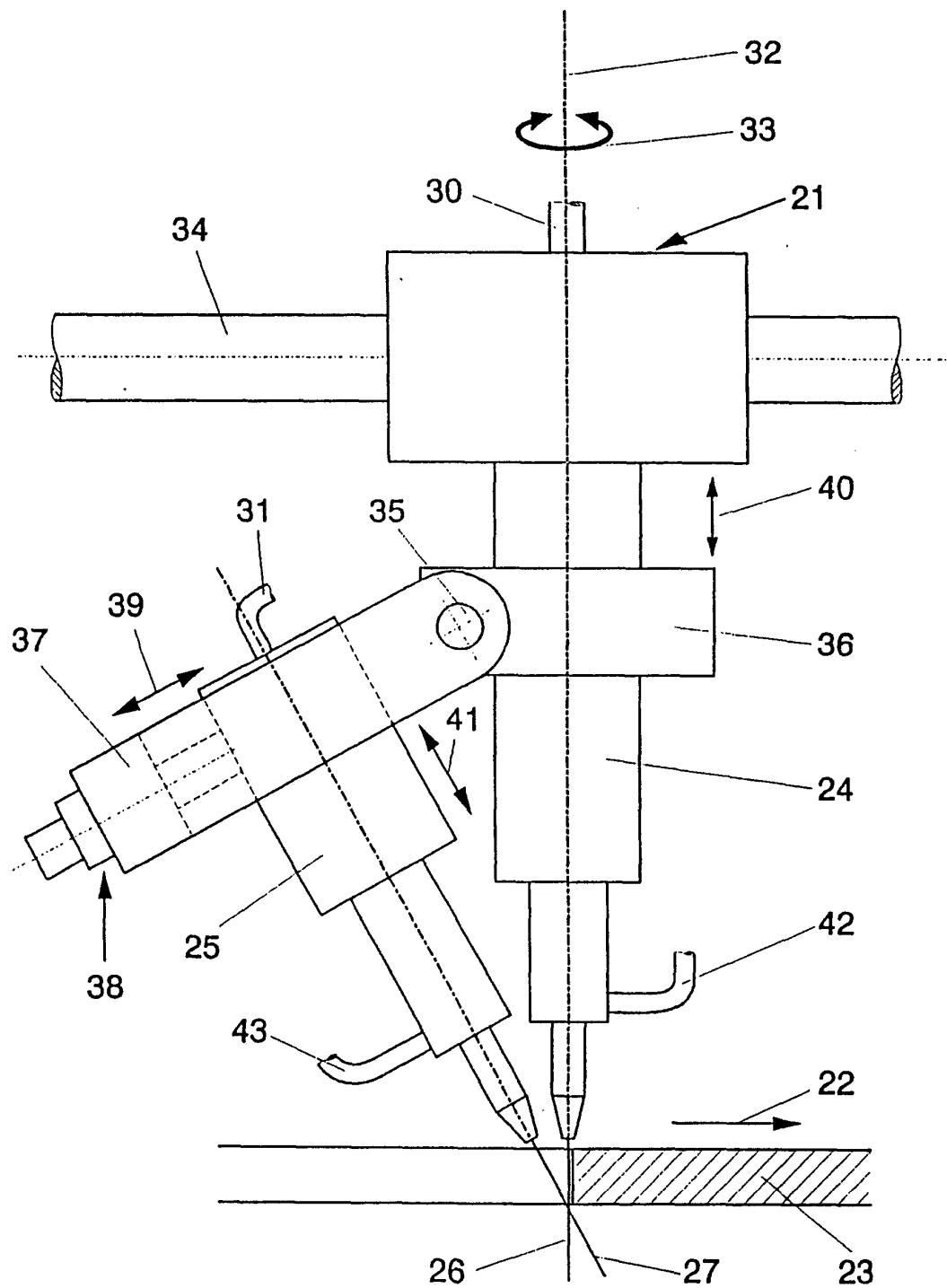


Fig. 2

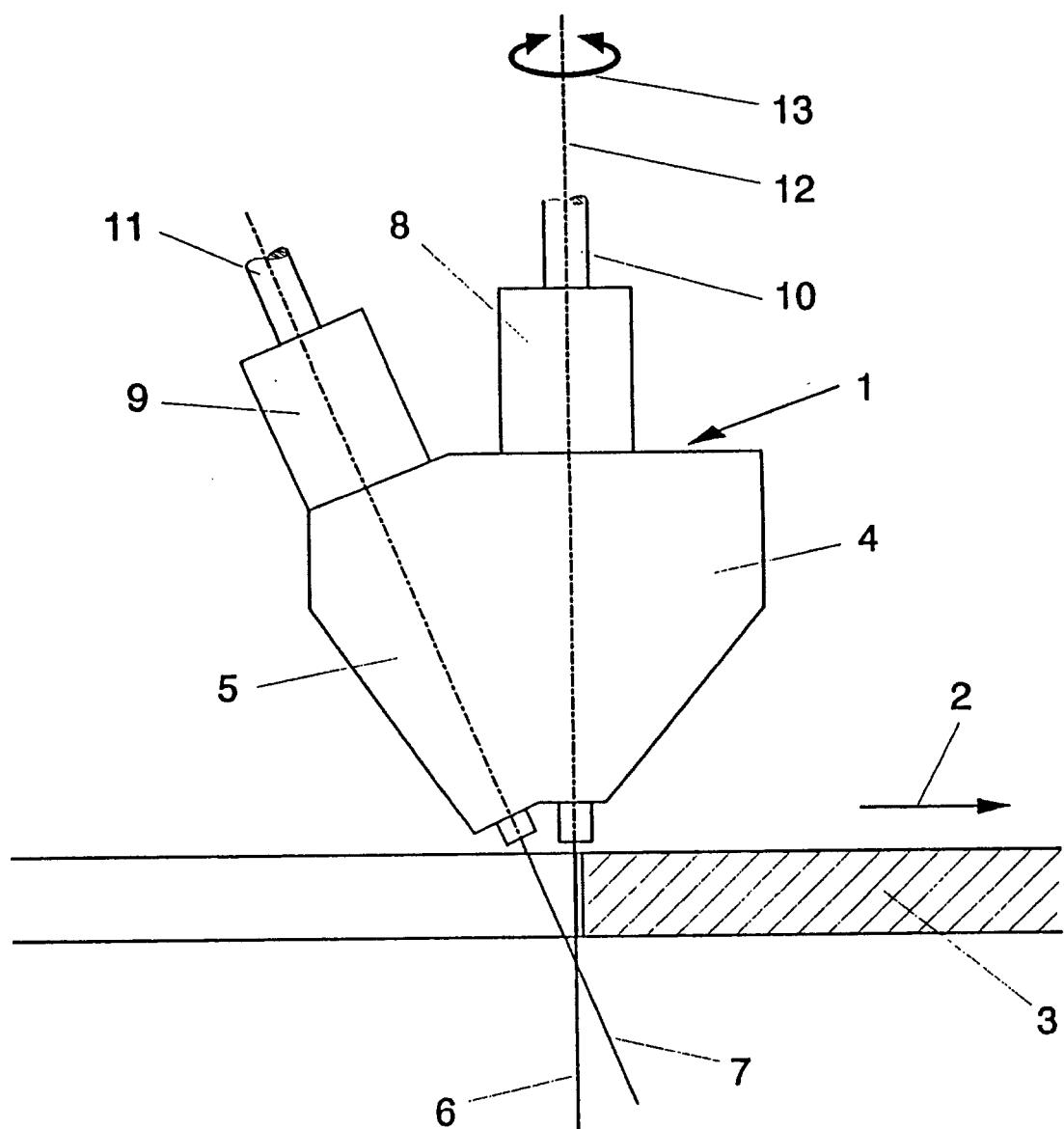


Fig. 1