



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 711 633 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
15.05.1996 Patentblatt 1996/20

(51) Int. Cl.⁶: **B25C 1/04**, B26F 3/00

(21) Anmeldenummer: **95115843.5**

(22) Anmeldetag: **07.10.1995**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH FR GB IT LI

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

(71) Anmelder: **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)

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

(57) Im Rahmen herkömmlicher Verfahren zum Strahlschneiden von Werkstücken wird ein Schneidstrahl, insbesondere in Form eines Druckmittelstrahls, auf das zu bearbeitende Werkstück gerichtet, und das Werkstück und der Schneidstrahl werden in Querrichtung des Schneidstrahls relativ zueinander bewegt. Zur Durchführung derartiger Verfahren werden bekanntermaßen Bearbeitungsmaschinen eingesetzt mit zwei mit einer Quelle für einen Schneidstrahl in Verbindung stehenden und im Schneidbetrieb einen Schneidstrahl aussendenden Schneideinheiten, wobei die Schneideinheiten und das zu bearbeitende Werkstück in Schnittrichtung relativ zueinander bewegbar sind.

Zur Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit werden herkömmliche Verfahren zum Strahlschneiden von Werkstücken dahingehend umgestaltet, daß wenigstens ein weiterer Schneidstrahl derart auf das zu bearbeitende Werkstück gerichtet wird, daß die Schneidstrahlen in einem gemeinsamen Punkt oder einander an der Schnittlinie unmittelbar benachbart auf das Werkstück treffen. Bearbeitungsmaschinen zur Durchführung des Verfahrens sind dadurch gekennzeichnet, daß die gleichzeitig im Schneidbetrieb befindlichen Schneideinheiten und das Werkstück entlang einer gemeinsamen Schnittlinie der Schneideinheiten relativ zueinander bewegbar sind.

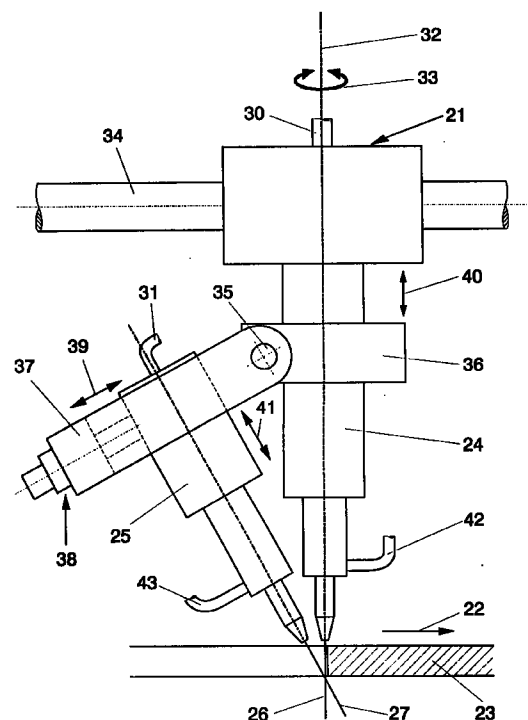


Fig. 2

EP 0 711 633 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Strahlschneiden von Werkstücken mittels eines Schneidstrahls insbesondere in Form eines Druckmittelstrahls, wobei der Schneidstrahl auf das zu bearbeitende Werkstück gerichtet und das Werkstück und der Schneidstrahl in Querrichtung des Schneidstrahls relativ zueinander bewegt werden. Des weiteren betrifft die Erfindung eine Bearbeitungsmaschine zur Durchführung eines derartigen Verfahrens.

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.

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 Schnitttrichtung her. Zur Erhöhung der Bearbeitungskapazität ist es bekannt, 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 Schnitttrichtung 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.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Strahlschneiden von Werkstücken sowie eine Bearbeitungsmaschine zur Durchführung des Verfahrens bereitzustellen, mittels derer sich eine gute Qualität der Schnittkanten auch bei hoher Schnittgeschwindigkeit erzielen läßt.

Die genannte verfahrensbezogene Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß im Rahmen eines Verfahrens der eingangs angegebenen Art wenigstens ein weiterer Schneidstrahl derart auf das zu bearbeitende Werkstück gerichtet wird, daß sich die Strahlachsen schneiden und/oder daß die Strahlachsen einander an der Schnittlinie unmittelbar benachbart verlaufen. Bei der Entwicklung des erfindungsgemäßen Verfahrens wurde überraschenderweise festgestellt, daß sich das mittels eines Schneidstrahls erzielbare Schneidergebnis wesentlich verbessert bzw. die Schneidgeschwindigkeit ohne Beeinträchtigung der Schnittqualität erhöht werden

kann, wenn wenigstens ein weiterer Schneidstrahl eingesetzt wird und die Schneidstrahlen einen Winkel zwischen sich einschließen und/oder an der Schnittlinie einander unmittelbar benachbart auf das zu bearbeitende Werkstück auftreffen. Bei gegebener Schnittqualität ist eine Verdoppelung der Schnittgeschwindigkeiten gegenüber herkömmlichen Strahlschneidverfahren ohne weiteres realisierbar. Ein gedankliches Modell zur Erklärung des beobachteten Phänomens geht davon aus, daß bei Einsatz zweier winkelig zueinander verlaufender Schneidstrahlen der eine Schneidstrahl den anderen stützt und daß dadurch die Schneidwirkung wenigstens eines der Schneidstrahlen verstärkt wird, in dem aufgrund der Stützwirkung ein seitliches Ausbrechen des betreffenden Schneidstrahls gegenüber dem zu bearbeitenden Werkstück verhindert wird. Eine "unmittelbar benachbarte" Anordnung der Schneidstrahlen liegt im Sinne der Erfindung dann vor, wenn der Abstand der Auftreffpunkte der Schneidstrahlen an der Schnittlinie derart gering ist, daß die beschriebene Verstärkung der Schneidwirkung wenigstens eines der Schneidstrahlen erreicht wird.

In Fällen, in denen die Strahlachsen der Schneidstrahlen erfindungsgemäß einander an der Schnittlinie unmittelbar benachbart verlaufen, können die Strahlachsen zwar grundsätzlich parallel zueinander ausgerichtet sein; von besonderem Vorteil im Hinblick auf Schnittgeschwindigkeit und Qualität der Schnittkante ist es jedoch, wenn die Schneidstrahlen derart auf das Werkstück gerichtet werden, daß sich die Strahlachsen unterhalb der Schnittebene kreuzen. Dabei wird die Schnittebene gebildet von der Tangentialebene an das Werkstück in dem jeweiligen Bearbeitungspunkt.

Eine bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, daß die Schneidstrahlen derart auf das Werkstück gerichtet werden, daß sich die Strahlachsen unterhalb der Schnittebene schneiden.

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.

Zur Erzielung einer hohen Schnittgeschwindigkeit sowie einer guten Qualität der Schnittkante hat es sich als zweckmäßig herausgestellt, daß ein Schneidstrahl, gegebenenfalls vorzugsweise der senkrechte Schneidstrahl, einem anderen Schneidstrahl in Schnitttrichtung vorausseilend auf das Werkstück gerichtet wird. Vorzugsweise in Fällen, in denen sich die Strahlachsen der Schneidstrahlen unterhalb der Werkstückunterseite schneiden, verläuft die durch die Strahlachsen aufgespannte Schneidstrahlebene in Schnitttrichtung.

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.

Grundsätzlich lassen sich die Vorteile des erfindungsgemäßen 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.

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.

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. Dabei sind die Schneideinheiten derart anzuordnen und auszurichten, daß die von ihnen ausgesandten Schneidstrahlen in der vorstehend beschriebenen Art und Weise auf das zu bearbeitende Werkstück auftreffen.

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 Einsatzerfordernisse angepaßt werden.

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, vorzugsweise in Schnittrichtung, relativ zueinander verschiebbar angebracht sind.

Im Schneidbetrieb nehmen die Schneidstrahlen zweckmäßigerweise eine bestimmte Lage bezogen auf die Schnittrichtung ein. Beispielsweise beim Schneiden mit zwei parallelen Schneidstrahlen oder mit zwei sich in einem Punkt schneidenden Schneidstrahlen 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. In den beiden genannten Beispielfällen ist zu diesem Zweck 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 dreh-schwenkbar 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.

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

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.

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.

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.

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.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine, die mit einer Geschwindigkeitssteuerung zur Steuerung der Relativgeschwindigkeit zwischen den Schneideinheiten und dem Werkstück versehen ist, zeichnet sich dadurch aus, daß mittels der Geschwindigkeitssteuerung die Relativgeschwindigkeit zwischen den Schneideinheiten und dem Werkstück in Abhängigkeit von der Anzahl der einen Schneidstrahl auf das Werkstück richtenden Schneideinheiten und/oder der Dauer der Zuschaltung der Schneideinheiten 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 Anschnitts erreicht auch der dem Schneidstrahl der ersten Schneideinheit nachfolgende Schneidstrahl der zweiten Schneideinheit das Werkstück. Nunmehr läßt sich die Schnittgeschwindigkeit erhöhen. Da der nach dem Anschnitt 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 Schneideinheiten 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 Schneideinheiten und Werkstück nach dem Wirksamwerden der zweiten Schneideinheit nach und nach steigert. Bei entsprechender Steuerung der Schneideinheiten kann an der erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine die zweite nachfolgende Schneideinheit erst nach Beendigung des Anschnitts durch die voreilende erste Schneideinheit mit der zugeordneten Quelle für den Schneidstrahl verbunden werden. In diesem Fall wird während der Anschneidphase lediglich von einer Schneideinheit ein Schneidstrahl ausgesandt.

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.

In Figur 1 dargestellt ist ein Schneidkopf 1 einer 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 Blechtafebene erreichen.

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.

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.

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 Anschnitt her. Sobald der Anschnitt 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 Verfahrensgeschwindigkeit des Schneidkopfs 1 gegenüber der Blechtafel 3 ausgehend von einer relativ niedrigen Anschnittgeschwindigkeit 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 vorausseilend 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.

Zum Ändern 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.

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.

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 Schneideinheit 25 im Innern ihrer Halterung 37 in Richtung eines Doppelpfeils 39 zustellbar. Zusätzlich kann die Schneideinheit 25 in Richtung eines Doppelpfeils 41 verschoben werden. Die Halterung 36, welche die Schneideinheit 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.

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.

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.

Ebenfalls der Anpassung an unterschiedliche Einsatzbedingungen dienen die sich aus den vorstehenden Ausführungen ergebenden Verstellmöglichkeiten 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. 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 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.

In ihrer grundsätzlichen Arbeitsweise stimmt 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.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Strahlschneiden von Werkstücken (3,23) mittels eines Schneidstrahls (6,7,26,27), insbesondere in Form eines Druckmittelstrahls, wobei der Schneidstrahl (6,7,26,27) auf das zu bearbeitende Werkstück (3,23) gerichtet und das Werkstück (3,23) und der Schneidstrahl (6,7,26,27) in Querrichtung des Schneidstrahls (6,7,26,27) relativ zueinander bewegt werden, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein weiterer Schneidstrahl (6,7,26,27) derart auf das zu bearbeitende Werkstück (3,23) gerichtet wird, daß sich die Strahlachsen schneiden und/oder daß die Strahlachsen einander an der Schnittrichtung unmittelbar benachbart verlaufen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneidstrahlen (6,7) derart auf das Werkstück (3) gerichtet werden, daß sich die Strahlachsen unterhalb der Schnittebene kreuzen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneidstrahlen (6,7) derart auf das Werkstück (3) gerichtet werden, daß sich die Strahlachsen unterhalb der Schnittebene schneiden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, 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.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Schneidstrahlen unter einem von einem rechten Winkel abweichenden Winkel auf das Werkstück gerichtet werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schneidstrahl (6,26), gegebenenfalls vorzugsweise der senkrechte Schneidstrahl (6,26), einem anderen Schneidstrahl (7,27) in Schnittrichtung (2,22) vorauseilend auf das Werkstück (3,23) gerichtet wird. 5
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, 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. 10
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß Schneidstrahlen (6,7,26,27) in Form von vorzugsweise Abrasivmittel führenden Druckwasserstrahlen auf das Werkstück (3,23) gerichtet werden. 15
9. Verfahren nach Anspruch 8, 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. 20
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, 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. 25 30
11. Verfahren nach Anspruch 10, 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. 35 40
12. Bearbeitungsmaschine zur Durchführung des Verfahrens nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 11, mit wenigstens zwei mit zumindest einer Quelle für einen Schneidstrahl (6,7,26,27) in Verbindung stehenden und im Schneidbetrieb einen Schneidstrahl (6,7,26,27) aussendenden Schneideinheiten (4,5,24,25), wobei die 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. 45 50 55
13. Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Schneideinheit (24,25) um eine im wesentlichen parallel zu der Schnittebene verlaufende Schwenkachse (35) gegenüber der zugeordneten Schneideinheit (24,25) schwenkbar und in der jeweiligen Schwenkstellung festlegbar ist.
14. Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneideinheiten (24,25) im wesentlichen parallel zu der Schnittebene, vorzugsweise in Schnittrichtung (22) relativ zueinander verschiebbar angebracht sind.
15. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Schneideinheit (4,5,24,25) um eine im wesentlichen senkrecht zu der Schnittebene verlaufende Dreh-Schwenk-Achse (12,32) relativ zu dem Werkstück (3,23) drehbar ist.
16. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneideinheiten (4,5) an einem gemeinsamen Schneidkopf (1) der Bearbeitungsmaschine vorgesehen sind.
17. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 12 bis 16, wobei als Schneideinheiten (4,5,24,25) Druckwassereinheiten vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, daß für jeden Druckwasserstrahl eine Abrasivmittelversorgung vorgesehen ist.
18. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneideinheiten (4,5,24,25) getrennt mit der zugeordneten Quelle für den Schneidstrahl (6,7,26,27) verbindbar sind.
19. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 12 bis 18, 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.
20. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 12 bis 19, 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 Relativgeschwindigkeit zwischen den Schneideinheiten (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 Schneideinheiten (4,5,24,25) und/oder der Dauer der Zuschaltung der Schneideinheiten (4,5,24,25) gesteuert ist.

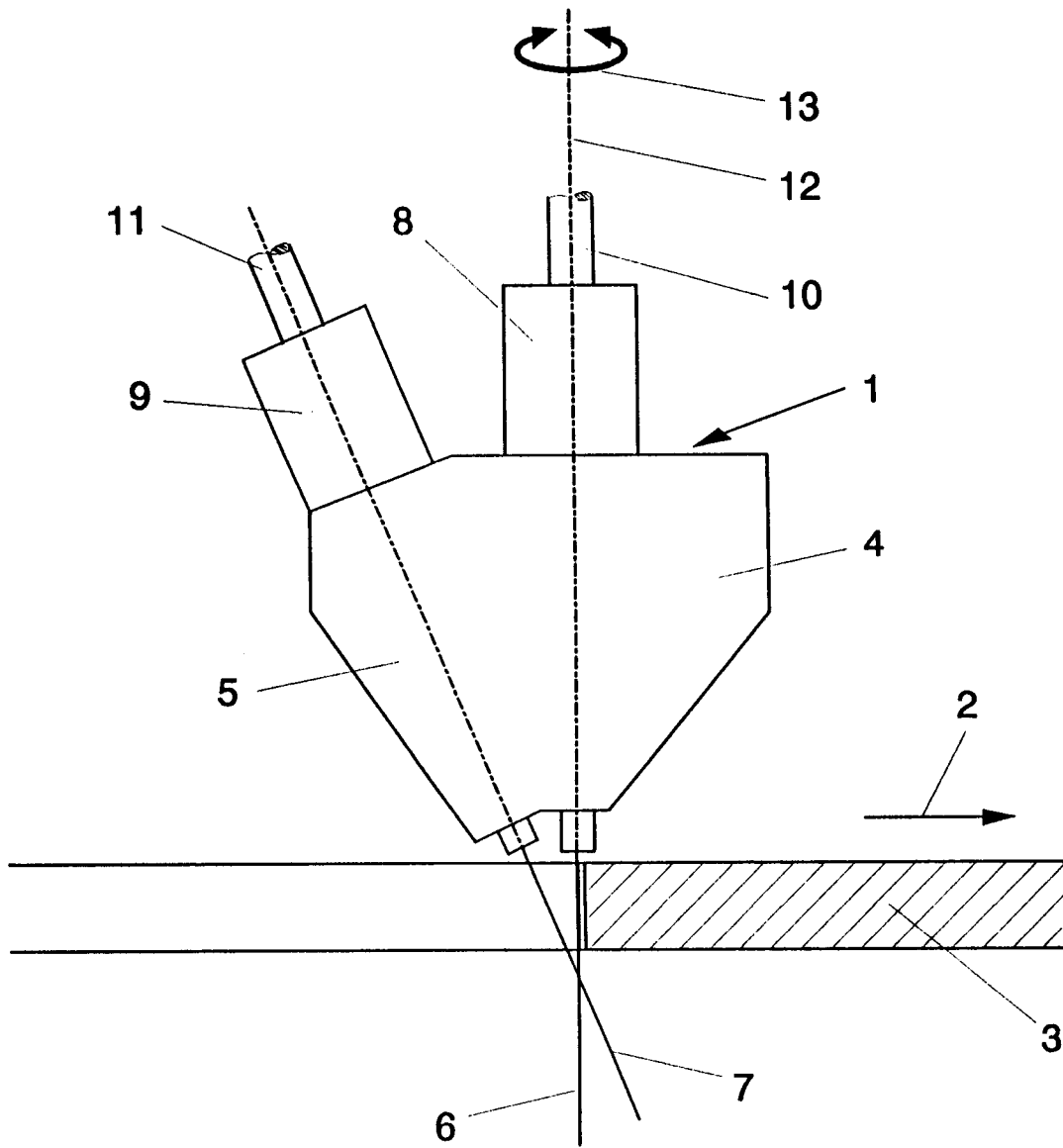


Fig. 1

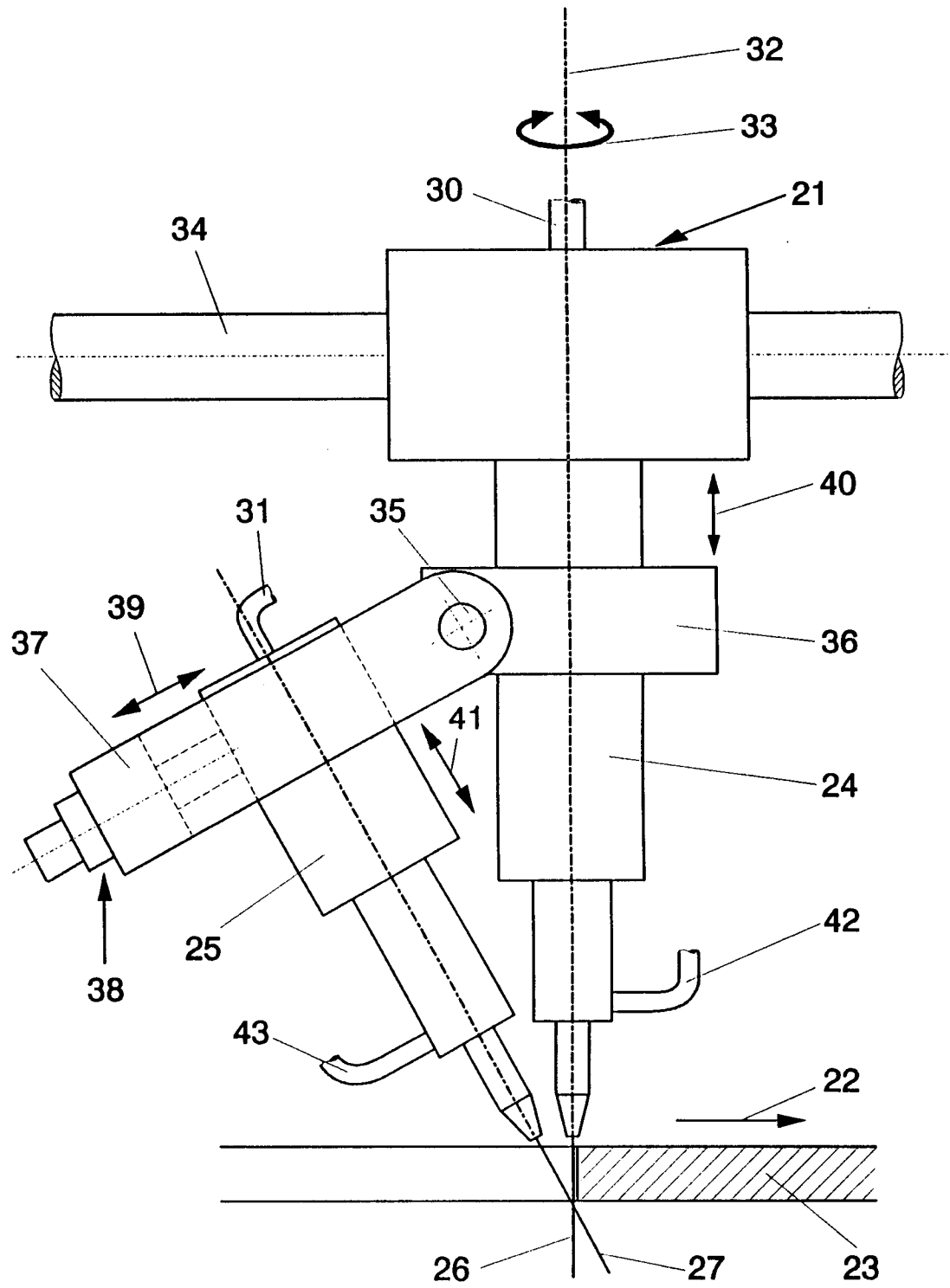


Fig. 2