

(19)



(11)

EP 2 583 790 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
24.04.2013 Patentblatt 2013/17

(51) Int Cl.:
B24C 1/00 (2006.01)
B24C 9/00 (2006.01)
B24C 1/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12007193.1**

(22) Anmeldetag: **17.10.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

- Pollak, Stefan
44795 Bochum (DE)
- Kilzer, Andreas
58454 Witten (DE)
- Engelmeier, Lena
44787 Bochum (DE)
- Krieg, Mark
13505 Berlin (DE)
- Bilz, Martin
10713 Berlin (DE)
- Uhlmann, Eckart
25368 Kiebitzreihe (DE)

(30) Priorität: **17.10.2011 DE 102011116228**

(71) Anmelder:

- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
80686 München (DE)
- Ruhr-Universität Bochum
44801 Bochum (DE)

(74) Vertreter: **Beyer, Andreas**
Wuesthoff & Wuesthoff
Patent- und Rechtsanwälte
Schweigerstrasse 2
81541 München (DE)

(72) Erfinder:

- Weidner, Eckhard
44795 Bochum (DE)

(54) Strahlschneidvorrichtung

(57) Die Erfindung betrifft eine Strahlschneidvorrichtung (10) zum Strahlschneiden eines Werkstücks (22) mittels eines Schneidfluids, mit einer Zufuhreinrichtung für das Schneidfluid, und einer Düse (18), durch die im Betrieb der Strahlschneidvorrichtung zugeführtes, unter Druck stehendes Schneidfluid gepresst wird, um einen Schneidstrahl (20) zu erzeugen. Damit unabhängig von

der Art des verwendeten Schneidfluids ein stabiler und ausreichend langer Schneidstrahl erzeugbar ist, weist die Strahlschneidvorrichtung (10) eine zum Umschließen des Schneidstrahls (20) von seinem Austritt aus der Düse (18) bis zu seinem Auftreffen auf das Werkstück (22) ausgeführte Kammer (24a) auf, die dazu ausgebildet ist, den Schneidstrahl (20) thermodynamisch und/oder strömungsmechanisch zu beeinflussen.

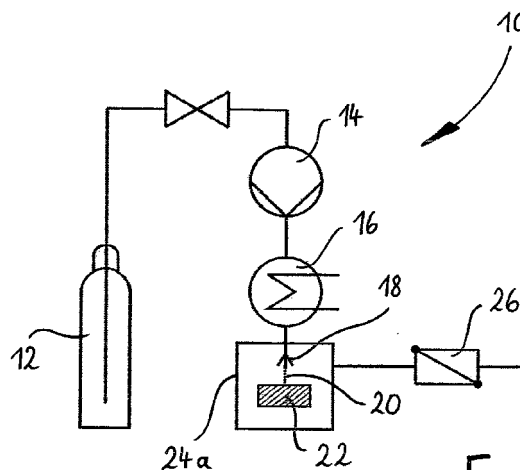


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Strahlschneidvorrichtung zum Strahlschneiden eines Werkstücks mittels eines Schneidfluids, wobei die Strahlschneidvorrichtung eine Zufuhreinrichtung für das Schneidfluid und eine Düse aufweist, durch die im Betrieb der Strahlschneidvorrichtung zugeführtes, unter Druck stehendes Schneidfluid gepresst wird, um einen Schneidstrahl zu erzeugen.

[0002] Allgemein bekannt ist seit vielen Jahren das sogenannte Wasserstrahlschneiden, bei dem als Schneidfluid Wasser verwendet wird, welches unter hohem Druck (bis zu mehreren Tausend bar) durch eine Düse gepresst wird, um einen Schneidstrahl aus Wasser zu erzeugen. Ein zu schneidendes Werkstück wird im Wasserstrahl stromabwärts der Düse platziert. Zum Erzeugen einer Schnittfuge muss entweder die Düse entlang der gewünschten Schnittbahn über das Werkstück bewegt werden oder es muss das Werkstück bezüglich einer feststehenden Düse entsprechend bewegt werden. Wasserstrahlschneiden wird heute in vielen Bereichen der Industrie eingesetzt, z.B. in der Lebensmittelindustrie, der Elektronikindustrie und auch im klassischen Maschinenbau.

[0003] Es sind bereits Versuche unternommen worden, andere Schneidfluide als Wasser zu verwenden. Es sind Vorrichtungen bekannt, die Trockeneisstrahlen und CO₂-Schnee-strahlen verwenden, in denen feste Kohlendioxidpartikel das Strahlmedium bilden. Von Trockeneisstrahlen spricht man, wenn das Strahlmittel dem Prozess bereits in fester Form zugeführt wird. Die Trockeneispartikel werden durch Druckluft beschleunigt und auf die zu bearbeitende Oberfläche gestrahlt. Beim CO₂-Schneestrahlen hingegen wird flüssiges Kohlendioxid mit einem Druck von etwa 60 bar bis 280 bar über eine Zweistoffringdüse in einen Mantelstrahl eingedüst, der mittels der Zweistoffringdüse bei niedrigerem Druck (ca. 8 bar bis 16 bar) aus Stickstoff oder Druckluft erzeugt wird. Aufgrund der schlagartigen Expansion des flüssigen Kohlendioxids nach dem Austritt aus der Düse und der damit verbundenen Abkühlung entsteht ein Strahl aus Trockeneispartikeln und Gas. Der Mantelstrahl bündelt die Partikel und beschleunigt sie teilweise auf mehrfache Schallgeschwindigkeit. Treffen die ca. -70°C kalten Trockeneispartikel auf eine zu bearbeitende Oberfläche, platzen aufgrund der Impulsübertragung und des Versprödungseffekts Verschmutzungen auf der Oberfläche ab. Zudem werden Schmutzpartikel durch die Volumenzunahme als Folge der Phasenumwandlung abgelöst und abgetragen. Die Trockeneispartikel sublimieren sodann und lassen eine gereinigte, trockene Oberfläche zurück. Aus den vorstehenden Erläuterungen wird deutlich, dass Trockeneisstrahlen und CO₂-Schneestrahlen aufgrund mangelnder Strahlleistung nur zum Entschichten und Abtragen von Verunreinigungen oder Oberflächenschichten eingesetzt werden können. Zur schneidenden Bearbeitung von Werkstücken eignen sich Trockeneisstrahlen und CO₂-Schnee-strahlen nicht, da es

bisher nicht gelungen ist, einen aus Kohlendioxid bestehenden oder Kohlendioxid enthaltenden Strahl zu erzeugen, der eine zum Einsatz als Schneidstrahl ausreichende Länge und Stabilität aufweist.

5 **[0004]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Strahlschneidvorrichtung anzugeben, die mit unterschiedlichsten Schneidfluiden einen auch zum trennenden Bearbeiten geeigneten Schneidstrahl erzeugen kann.

10 **[0005]** Ausgehend von einer Strahlschneidvorrichtung der eingangs genannten Art ist diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Strahlschneidvorrichtung eine zum Umschließen des Schneidstrahls von seinem Austritt aus der Düse bis zu seinem Auftreffen auf das Werkstück ausgeführte Kammer aufweist. Eine solche Kammer ermöglicht es, den Schneidstrahl insbesondere thermodynamisch, aber auch strömungsmechanisch zu beeinflussen und ihn auf diese Weise bei Verwendung unterschiedlichster Schneidfluide stabil und ausreichend lang zu erzeugen. Vorzugsweise ist die 20 den Schneidstrahl umschließende Kammer druckdicht ausgeführt. Mit "druckdicht" ist vorliegend gemeint, dass die Kammer es erlaubt, in ihr einen Druck aufrechtzuerhalten, der sich vom Umgebungsdruck mehr als nur geringfügig unterscheidet. Beispielsweise kann die Kammer zur Aufrechterhaltung eines Drucks ausgebildet sein, der zwischen 1 bar und 15 bar über dem Umgebungsdruck liegt. Je nach Anwendungsfall kann der Druck in der Kammer aber auch niedriger als der Umgebungsdruck sein.

25 **[0006]** Gemäß einer Ausführungsform umschließt die Kammer nicht nur den Schneidstrahl, sondern auch das zu bearbeitende Werkstück. Eine solche Lösung vermeidet Abdichtungsprobleme zwischen der Kammer und dem zu bearbeitenden Werkstück, bedingt aber eine je nach zu bearbeitendem Werkstück relativ große Kammer zur Aufnahme des kompletten Werkstücks.

30 **[0007]** Gemäß einer anderen Ausführungsform ist die den Schneidstrahl umschließende Kammer zum Werkstück hin offen und wird an ihrer offenen Seite im Betrieb teilweise oder vollständig durch das zu bearbeitende Werkstück begrenzt. Bei einer solchen Ausführungsform kann die Kammer vorzugsweise aus elastischem Material bestehen, um sich einer zu bearbeitenden Kontur des Werkstücks anzupassen. Alternativ oder zusätzlich kann ein zum Werkstück hin offenes Ende der Kammer eine Dichtungseinrichtung aufweisen, die die Kammer entlang ihres Umfangs zwischen dem offenen Ende der Kammer und einem in Bearbeitung befindlichen Werkstück abdichtet. Eine solche Dichtungseinrichtung kann z.B. eine federnd elastische Dichtlippe oder auch ein Dichtaufsatz sein, der gelenkig mit der Kammer aus starrem oder elastischem Material verbunden ist. Der Einsatz einer ausreichend nachgiebigen Dichtungseinrichtung ermöglicht auch ein Kippen der Schneidvorrichtung bezüglich des zu bearbeitenden Werkstücks und somit die Erzeugung schräger Schnitte oder Bohrungen.

35 **[0008]** Bei bevorzugten Ausgestaltungen der erfin-

dungsgemäßen Strahlschneidvorrichtung wird während des Betriebs in der Kammer ein gegenüber dem Umgebungsdruck erhöhter Druck erzeugt und aufrechterhalten. Zur Erzeugung dieses Überdrucks kann ein Teil des Schneidfluids selbst verwendet werden, wenn es sich bei dem Schneidfluid um ein Fluid handelt, das unter den im Betrieb in der Kammer herrschenden Bedingungen zumindest teilweise in die Gasphase übergeht. Kommt hingegen ein Schneidfluid zum Einsatz, welches selbst keine Gasphase erzeugt, kann der Kammer ein Hilfsgas zugeführt werden, um einen gewünschten Überdruck einzustellen. Ein Hilfsgas kann auch dann verwendet werden, wenn das Schneidfluid selbst eine Gasphase erzeugt, beispielsweise um eine Schutzgasumhüllung des Schneidstrahls zu bilden. Bei bevorzugten Ausführungsformen der Strahlschneidvorrichtung ist daher die Kammer mit einer Zuführung für unter Druck stehendes Gas versehen.

[0009] Ferner steht bei bevorzugten Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Strahlschneidvorrichtung eine Druckregeleinrichtung mit der Kammer in strömungsleitender Verbindung. Mit der Druckregeleinrichtung kann ein in der Kammer gewünschter Druck zuverlässig aufrechterhalten werden, indem durch die Druckregeleinrichtung jeweils nur soviel Gas aus der Kammer abströmt, dass der gewünschte Druck in der Kammer beibehalten wird. Bei einer einfachen Ausführungsform kann die Druckregeleinrichtung durch eine einfache Drossel, durch andere geeignete Strömungswiderstände oder durch eine Kombination solcher Elemente gebildet sein. Bei Ausführungsformen, bei denen die den Schneidstrahl umschließende Kammer ein zum Werkstück hin offenes Ende aufweist, kann als Drossel ein schmaler Ringspalt zwischen dem freien Ende der Kammer und dem zu bearbeitenden Werkstück fungieren.

[0010] Zur strömungsmechanischen Beeinflussung des Schneidstrahls ist bei bevorzugten Ausgestaltungen eine Innenseite der den Schneidstrahl umschließenden Kammer nahe des Schneidstrahls angeordnet und zur Strömungsbeeinflussung ausgebildet, etwa zum Fokussieren des Schneidstrahls, zum Abtrennen oder Umlenken einzelner Schneidstrahlbereiche, z.B. eines sich um den eigentlichen Schneidstrahl herum ausbildenden Streukegels, zum Erzeugen einer Stützströmung (Mantelstrahl) mit oder ohne Zudosierung von Hilfsgas, zur Steuerung der örtlichen Verteilung von Flüssigkeit, Feststoff und Gas in Mehrphasenstrahlen, zur Erzielung einer Drallströmung etc. Die Innenseite der Kammer kann dazu beispielsweise sich kegelförmig verjüngend ausgestaltet sein, sie kann Längsnuten oder schraubenförmig angeordnete Nuten haben, sie kann Einlassöffnungen für Hilfsgas aufweisen und ähnliches mehr. Alternativ und/oder zusätzlich kann die Kammer strömungsbeeinflussende Einbauten enthalten, die der Erzielung einer gewünschten Strahlbeeinflussung dienen, etwa Blenden, Prall- und/oder Leitbleche, Strahlteiler und ähnliches.

[0011] Zur weiteren Beeinflussung des zu erzeugen-

den Schneidstrahls kann die den Schneidstrahl umschließende Kammer kühl- und/oder beheizbar ausgebildet sein, beispielsweise indem die Kammerwand doppelwandig ausgeführt ist, so dass ein Kühl- oder Heizmedium durch die Kammerwand zirkuliert werden kann. Zum Kühlen einer Kammer kann beispielsweise flüssiger Stickstoff verwendet werden.

[0012] Vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Strahlschneidvorrichtung weisen einen Wärmetauscher zur Einstellung einer gewünschten Temperatur des Schneidfluids vor seinem Austritt aus der Düse auf. Die Temperatur, die das verwendete Schneidfluid vor seinem Austritt aus der Düse hat, die sogenannte Vorexpanсионstemperatur kann die Beschaffenheit des erzeugten Schneidstrahls maßgeblich beeinflussen. Insbesondere dann, wenn als Schneidfluid ein hochverdichtetes Gas verwendet wird, ist der erzeugte Schneidstrahl schärfer und fokussierter, wenn die Temperatur des Schneidfluids vor seinem Austritt aus der Düse niedrig ist, wohingegen der Schneidstrahl diffuser und damit aufgefächerter wird, wenn die Temperatur des Schneidfluids vor seinem Austritt aus der Düse höher gewählt wird. Im Zusammenspiel mit der erfindungsgemäß vorgesehenen, zum Umschließen des Schneidstrahls von seinem Austritt aus der Düse bis zu seinem Auftreffen auf das Werkstück ausgeführten Kammer bieten solche Ausführungsformen erfindungsgemäßer Strahlschneidvorrichtungen somit mehr Freiheitsgrade als bisher üblich, um in Abhängigkeit eines gewählten Schneidfluids eine bestimmte, dem vorgesehenen Verwendungszweck optimal angepasste Schneidstrahlcharakteristik zu erzeugen. Insbesondere durch geeignetes Variieren der Vorexpanсионstemperatur und des Drucks in der den Schneidstrahl umschließenden Kammer lassen sich die Schneidstrahleigenschaften deutlich verändern und somit wunschgemäß einstellen. Die erfindungsgemäße Strahlschneidvorrichtung ist aufgrund der mannigfaltigen Möglichkeiten der thermodynamischen und/oder strömungsmechanischen Beeinflussbarkeit des zu erzeugenden Schneidstrahls für eine Vielzahl unterschiedlicher Schneidfluide mit unterschiedlichsten physikalischen Eigenschaften geeignet. Vorzugsweise besteht das Schneidfluid aus oder umfasst eine Flüssigkeit oder ein Gas in unterkritischem oder überkritischem Zustand. Wie aus dem Stand der Technik bekannt, können dem Schneidfluid auch feste Partikel zugegeben werden, um die Schneidleistung bei bestimmten Anwendungen zu verbessern. Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Schneidvorrichtung enthält der Schneidstrahl Kohlendioxid in zumindest teilweise flüssiger oder zumindest teilweise fester Form. Ein gasförmiger Anteil des Schneidstrahls kann dabei zum Aufbau und Erhalt eines gewünschten Überdrucks in der den Schneidstrahl umschließenden Kammer verwendet werden. Aufgrund der erfindungsgemäß den Schneidstrahl umschließenden Kammer ist es durch Aufrechterhalten eines Überdrucks in der Kammer möglich, aus Kohlen-

dioxid bestehende oder Kohlendioxid umfassende Schneidstrahlen stabil und mit einer zum trennenden Bearbeiten ausreichenden Länge zu erzeugen. Hierzu reicht bereits ein relativ geringer Überdruck in der Kammer aus, etwa 1,5 bar Überdruck, wobei höhere Überdrücke die Stabilität eines aus Kohlendioxid bestehenden oder Kohlendioxid umfassenden Schneidstrahls noch verbessern.

[0013] Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Schneidvorrichtung werden im Folgenden anhand der beigefügten, schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 ein Schaubild einer ersten grundsätzlichen Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Schneidvorrichtung, bei der eine den Schneidstrahl umschließende Kammer auch ein zu bearbeitendes Werkstück vollständig umschließt,

Fig. 2 ein Schaubild einer zweiten grundsätzlichen Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Schneidvorrichtung, bei der eine den Schneidstrahl umschließende Kammer nur bis an die Oberfläche eines zu bearbeitenden Werkstücks reicht, und

Fig. 3 ein detaillierter ausgeführtes Anlagenfließbild einer erfindungsgemäßen Schneidvorrichtung gemäß der ersten grundsätzlichen Ausführungsform.

[0014] Fig. 1 zeigt schematisch eine erste grundsätzliche Ausführungsform einer Strahlschneidvorrichtung 10 zum Bearbeiten eines Werkstücks mittels eines Schneidstrahls, der durch Pressen eines Schneidfluids unter hohem Druck durch eine Düse erzeugt wird.

[0015] Die in Fig. 1 dargestellte Strahlschneidvorrichtung 10 verwendet als Schneidfluid flüssiges Kohlendioxid, welches einem Vorratsbehälter 12 entnommen und anschließend in einem Verdichter 14 auf einen gewünschten, hohen Druck gebracht wird und zur Einstellung einer gewünschten Temperatur einen Wärmetauscher 16 durchströmt. Das solchermaßen vorkonditionierte, als Schneidfluid dienende Kohlendioxid wird dann dem Einlass einer Düse 18 zugeführt, an deren Auslass sich unter gleichzeitiger Entspannung des Kohlendioxids ein Schneidstrahl 20 bildet, der zum Bearbeiten eines Werkstücks 22 dient.

[0016] Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1 umschließt eine Kammer 24a die Düse 18 und das zu bearbeitende Werkstück 22 vollständig. In der Kammer 24a wird im Betrieb der Schneidvorrichtung 10 mittels des durch die Düse 18 strömenden Kohlendioxids ein Überdruck aufgebaut, der bei der Verwendung von Kohlendioxid als Schneidfluid beispielsweise in einem Bereich von 1,5 bis 15 bar über dem Umgebungsdruck liegt. Ein in der Kammer 24a gewünschter Arbeitsdruck kann auch

durch eine Einleitung eines Hilfsgases in die Kammer 24a aufgebaut und/oder feinjustiert werden. Auf diese Weise lässt sich ein Anfahrvorgang der Schneidvorrichtung 10 verkürzen oder eliminieren, der ansonsten erforderlich ist, bis der Arbeitsdruck in der Kammer 24a mittels des durch die Düse 18 strömenden Kohlendioxids den gewünschten Wert erreicht hat. Das Hilfsgas kann Kohlendioxid oder ein anderes Gas sein.

[0017] Während eines Betriebs der Strahlschneidvorrichtung 10 wird der Arbeitsdruck in der Kammer 24a mittels einer Druckregeleinrichtung 26 konstant gehalten, die in strömungsleitender Verbindung mit dem Innenraum der Kammer 24a steht und nur so viel Gas abströmen lässt, dass der gewünschte Arbeitsdruck in der Kammer 24a zumindest im Wesentlichen beibehalten wird. Die Druckregeleinrichtung 26 kann dazu mit einer hier nicht dargestellten Mess- und Steuerungseinrichtung verbunden sein.

[0018] In der Kammer 24a befindet sich eine hier ebenfalls nicht dargestellte, geeignete Vorrichtung zum relativen Verändern der Position der Düse 18 zum zu bearbeitenden Werkstück 22. Diese Vorrichtung wird hier nicht näher erläutert, da es sich bei ihr um eine dem Fachmann zu diesem Zweck bekannte Vorrichtung handeln kann.

[0019] In Fig. 2 ist schematisch eine zweite grundsätzliche Ausführungsform einer Strahlschneidvorrichtung 10 wiedergegeben, die sich von der Ausführungsform in Fig. 1 dadurch unterscheidet, dass nicht das gesamte Werkstück 22 von der Kammer 24b umschlossen ist, sondern lediglich die Düse 18 und eine aktuell zu bearbeitende Stelle auf dem Werkstück 22. Mit anderen Worten ist bei der Ausführungsform gemäß Fig. 2 die Kammer 24b zum Werkstück 22 hin offen und wird an ihrer offenen Seite im Betrieb vollständig oder zumindest teilweise durch das zu bearbeitende Werkstück 22 begrenzt. Zur Abdichtung des offenen Endes der Kammer 24b ist die Kammer 24b an ihrem offenen Ende mit einer hier nur angedeuteten Dichtungseinrichtung 28 versehen, die das freie Ende der Kammer 24b entlang ihres Umfangs gegenüber dem in Bearbeitung befindlichen Werkstück 22 abdichtet. Überschüssiger Druck kann wie bei der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform durch die Druckregeleinrichtung 26 abströmen, wobei es je nach Anwendungsfall ausreichen kann, überschüssigen Druck durch eine im Werkstück 22 mittels des Schneidstrahls 20 erzeugte Schnittfuge (nicht gezeigt) und/oder durch einen schmalen Ringspalt zwischen dem freien Ende der Kammer 24b und der der Kammer 24b zugewandten Oberfläche des zu bearbeitenden Werkstücks 22 abströmen zu lassen. Gegebenenfalls kann dann die Druckregeleinrichtung 26 entfallen. Strömt im Betrieb abhängig vom Anwendungsfall zuviel Gas aus der Kammer 24b ab, kann es erforderlich sein, zur Aufrechterhaltung des gewünschten Arbeitsdrucks in der Kammer 24b letzterer Hilfsgas zuzuführen (nicht dargestellt), beispielsweise aus dem Vorratsbehälter 12.

[0020] Die in der Fig. 2 gezeigte zweite grundsätzliche

Ausführungsform der Strahlschneidvorrichtung 10 ist universeller einsetzbar als die Ausführungsform gemäß Fig. 1, weil die Limitierung einer auch das zu bearbeitende Werkstück 22 umschließenden Kammer 24a entfällt. Der Schneidstrahl 20 und das zu bearbeitende Werkstück 22 können einfacher relativ zueinander bewegt und auch verkippt werden. Eine Erzeugung schräger Schnitte oder schräger Bohrungen ist damit einfacher möglich.

[0021] Obwohl in den Fig. 1 und 2 das zu bearbeitende Werkstück 22 plattenförmig dargestellt ist, eignet sich die Strahlschneidvorrichtung 10 selbstverständlich auch zur Bearbeitung nicht-plattenförmiger Werkstücke. Sicherzustellen ist bei einer Ausgestaltung gemäß Fig. 2 lediglich eine ausreichende Abdichtung des offenen Endes der Kammer 24b zum zu bearbeitenden Werkstück. Dies ist mit ausreichend nachgiebigen Dichtlippen oder gelenkig am Ende der Kammer 24b montierter Dichteinrichtungen ohne besondere Schwierigkeiten zu erreichen.

[0022] In Fig. 3 ist ein Fließbild einer Versuchsanlage wiedergegeben, mit der Versuche zur grundsätzlichen Eignung von Kohlendioxid als Schneidfluid unternommen worden sind. Die Strahlschneidvorrichtung 10 der Fig. 3 ist ähnlich der in Fig. 1 gezeigten ersten grundsätzlichen Ausführungsform aufgebaut. Wie bereits zuvor erläutert, wird flüssiges Kohlendioxid aus dem Vorratsbehälter 12 entnommen, wobei der im Vorratsbehälter 12 vorhandene Druck mittels einer Druckmesseinrichtung 30 gemessen werden kann.

[0023] Das dem Vorratsbehälter 12 entnommene Kohlendioxid passiert einen hier wassertemperierten Hochdruckwärmetauscher 16 und wird dabei auf eine gewünschte Temperatur gebracht, die mittels einer dem Wärmetauscher 16 nachgeschalteten Temperaturmesseinrichtung 32 überprüft werden kann. Anschließend wird das Kohlendioxid in dem hier als Membrankompressor ausgeführten Verdichter 14 auf einen gewünschten Vorexpanpressionsdruck komprimiert, wobei die Temperatur und der Druck des Kohlendioxids nach passieren des Verdichters 14 mittels einer zweiten Temperaturmesseinrichtung 34 und einer zweiten Druckmesseinrichtung 36 überprüft werden können.

[0024] Zur Expansion des als Schneidfluid dienenden Kohlendioxids wird hier eine handelsübliche Wasserstrahlschneiddüse 18 verwendet, die mit ihrer Düsenaustrittsöffnung in die Kammer 24a hineinragt, in der sich das zu bearbeitende Werkstück 22 befindet. Durch eine mit dem Innenraum der Kammer 24a in strömungsleitender Verbindung stehende Druckregeleinrichtung 26, die hier als einfaches Überströmventil ausgebildet ist, wird der sogenannte Nachexpansionsdruck, d.h. der gewünschte Arbeitsdruck in der Kammer 24a, zumindest annähernd konstant gehalten.

[0025] Die Bedingungen innerhalb der Kammer 24a können mittels einer dritten Temperaturmesseinrichtung 38 und einer dritten Druckmesseinrichtung 40 überwacht werden.

[0026] Mit der Strahlschneidvorrichtung 10 gemäß Fig. 3 wurden eine Reihe von Versuchen durchgeführt, von

denen einige im Folgenden genauer beschrieben sind.

Versuchsbeispiel 1

[0027] Flüssiges Kohlendioxid wurde mittels des Verdichters 14 auf einen Vorexpanpressionsdruck von 1800 bar und eine Vorexpanpionstemperatur von 25°C gebracht und zur Erzeugung eines Schneidstrahls 20 durch eine Düse 18 mit einem Düsendurchmesser von 0,08 mm entspannt. Mit dem so erzeugten Schneidstrahl 20 wurde ein 10 mm dickes Holzstück bearbeitet. Der Abstand des Werkstücks 22 zur Düse betrug 1 mm, der Arbeitsdruck in der Kammer 24a (Nachexpansionsdruck) betrug 12 bar.

Nach einigen Sekunden Bearbeitungszeit hatte der Schneidstrahl 20 ein Loch von 2,4 mm Tiefe und 1,4 mm Durchmesser in das Holzstück geschnitten. Die Schnittkante zeichnete sich durch eine scharfe Grenze ohne sichtbare Beschädigung der nicht bearbeiteten Bereiche aus.

Versuchsbeispiel 2

[0029] Flüssiges Kohlendioxid wurde auf einen Vorexpanpressionsdruck von 1600 bar und eine Vorexpanpionstemperatur von 25°C gebracht und zur Erzeugung eines Schneidstrahls 20 durch eine Düse 18 mit einem Düsendurchmesser von 0,1 mm entspannt. Mit dem Schneidstrahl 20 wurde eine 1 mm dicke Aluminiumplatte bearbeitet. Der Abstand des Werkstücks 22 zur Düse 18 betrug 1 mm, der Nachexpansionsdruck betrug 3 bar.

Nach einigen Sekunden Bearbeitungszeit wurde ein Loch von 0,3 mm Tiefe und 0,8 mm Durchmesser in der als Werkstück 22 dienenden Aluminiumplatte erhalten. Trotz eines unterhalb des Tripelpunktdrucks von CO₂ (5,18 bar) liegenden Nachexpansionsdrucks wurde durch ein Sichtfenster in der Kammer 24a ein flüssiger Anteil im Kohlendioxidschneidstrahl 20 beobachtet. Die erhaltene Schnittkante zeichnete sich durch eine scharfe Grenze ohne sichtbare Beschädigung der nicht bearbeiteten Bereiche aus.

Versuchsbeispiel 3

[0031] Flüssiges Kohlendioxid wurde auf einen Vorexpanpressionsdruck von 2000 bar und eine Vorexpanpionstemperatur von 30°C gebracht und durch die Düse des Versuchsbeispiels 2 entspannt, um einen Schneidstrahl 20 zu erzeugen. Mit diesem Schneidstrahl wurde eine 1 mm dicke Aluminiumplatte bearbeitet, wobei der Abstand der Aluminiumplatte zur Düse 1 mm betrug und der Nachexpansionsdruck 10 bar betrug. Nach einigen Sekunden Bearbeitungszeit war in die Aluminiumplatte ein Loch von 0,5 mm Tiefe und 0,5 mm Durchmesser geschnitten. Die Schnittkante zeichnete sich durch eine scharfe Grenze ohne sichtbare Beschädigung der nicht bearbeiteten Bereiche aus.

Versuchsbeispiel 4

[0032] Flüssiges Kohlendioxid wurde auf einen Vorexpanpressionsdruck von 1600 bar und eine Vorexpanpressionstemperatur von 25°C gebracht und durch die Düse der Versuchsbeispiele 2 und 3 entspannt. Mit dem erzeugten Schneidstrahl wurde eine 1,2 mm dicke Polycarbonatscheibe, eine sogenannte Compact Disc, bearbeitet, wobei der Abstand zur Düse 1 mm betrug und der Nachexpansionsdruck auf 10 bar eingestellt war. Nach einigen Sekunden Bearbeitungszeit wurde ein in die Polycarbonatscheibe durchsetzendes Loch mit einem Durchmesser von 0,3 mm erhalten.

Patentansprüche

1. Strahlschneidvorrichtung (10) zum Strahlspanen eines Werkstücks (22) mittels eines Schneidfluids, mit
 - einer Zufuhreinrichtung für das Schneidfluid, und
 - einer Düse (18), durch die im Betrieb der Strahlschneidvorrichtung zugeführtes, unter Druck stehendes Schneidfluid gepresst wird, um einen Schneidstrahl (20) zu erzeugen,

dadurch gekennzeichnet, dass eine zum Umschließen des Schneidstrahls (20) von seinem Austritt aus der Düse (18) bis zu seinem Auftreffen auf das Werkstück (22) ausgeführte Kammer (24a; 24b) vorhanden ist, die dazu ausgebildet ist, den Schneidstrahl (20) thermodynamisch und/oder strömungsmechanisch zu beeinflussen.
2. Strahlschneidvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kammer (24a; 24b) druckdicht ist.
3. Strahlschneidvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kammer (24a) auch das Werkstück (22) umschließt.
4. Strahlschneidvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kammer (24b) zum Werkstück (22) offen ist und im Betrieb teilweise oder vollständig durch das Werkstück (22) begrenzt ist.
5. Strahlschneidvorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kammer (24a; 24b) aus elastischem Material besteht.
6. Strahlschneidvorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein zum Werkstück (22) offenes Ende der Kammer (24b) eine Dichtungseinrichtung (28) aufweist, die die Kammer (24b) entlang ihres Umfangs zwischen dem offenen

Ende und einem in Bearbeitung befindlichen Werkstück (22) abdichtet.

7. Strahlschneidvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Druckregeleinrichtung (26) mit der Kammer (24a; 24b) in strömungsleitender Verbindung steht.
8. Strahlschneidvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kammer (24a; 24b) mit einer Zuführung für unter Druck stehendes Gas versehen ist.
9. Strahlschneidvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Innenseite der Kammer (24a; 24b) im strahlnahen Bereich angeordnet und zur Strömungsbeeinflussung des Schneidstrahls (20) ausgebildet ist und/oder die Kammer (24a; 24b) strömungsbeeinflussende Einbauten enthält.
10. Strahlschneidvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kammer (24a; 24b) kühl- und/oder beheizbar ausgebildet ist.
11. Strahlschneidvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schneidfluid eine Flüssigkeit oder ein Gas in unterkritischem oder überkritischem Zustand umfasst.
12. Strahlschneidvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schneidstrahl (20) CO₂ in zumindest teilweise flüssiger oder zumindest teilweise fester Form enthält.
13. Strahlschneidvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Wärmetauscher (16) zur Einstellung einer gewünschten Temperatur des Schneidfluids vor seinem Austritt aus der Düse (18) vorhanden ist.

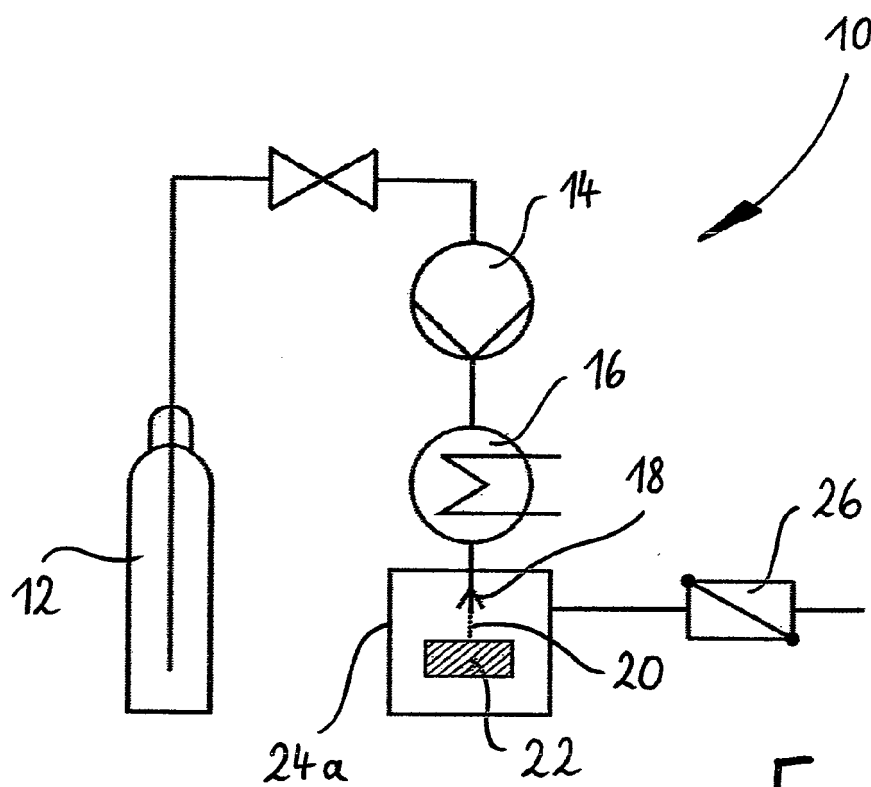


Fig. 1

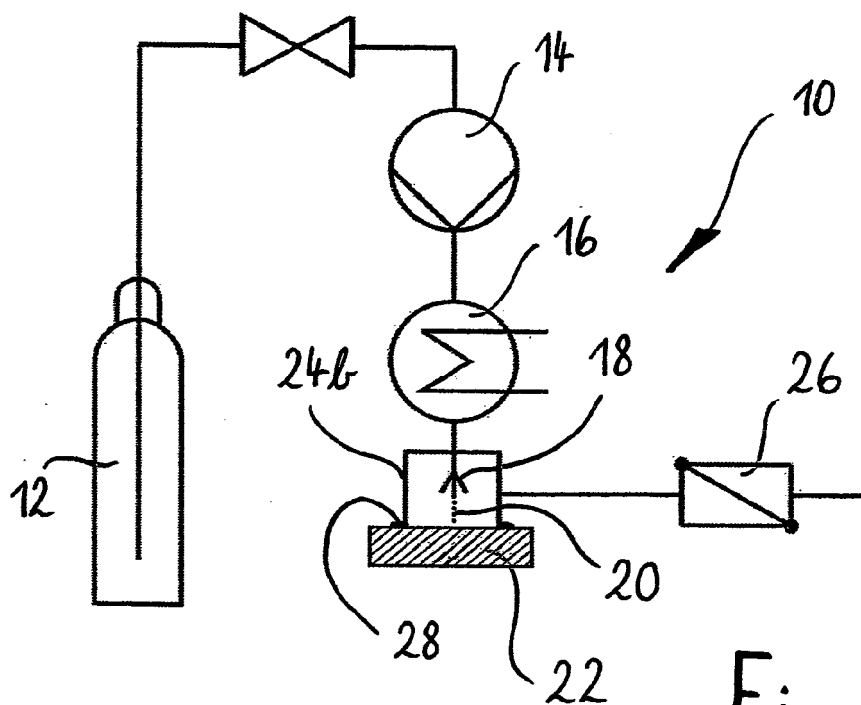


Fig. 2

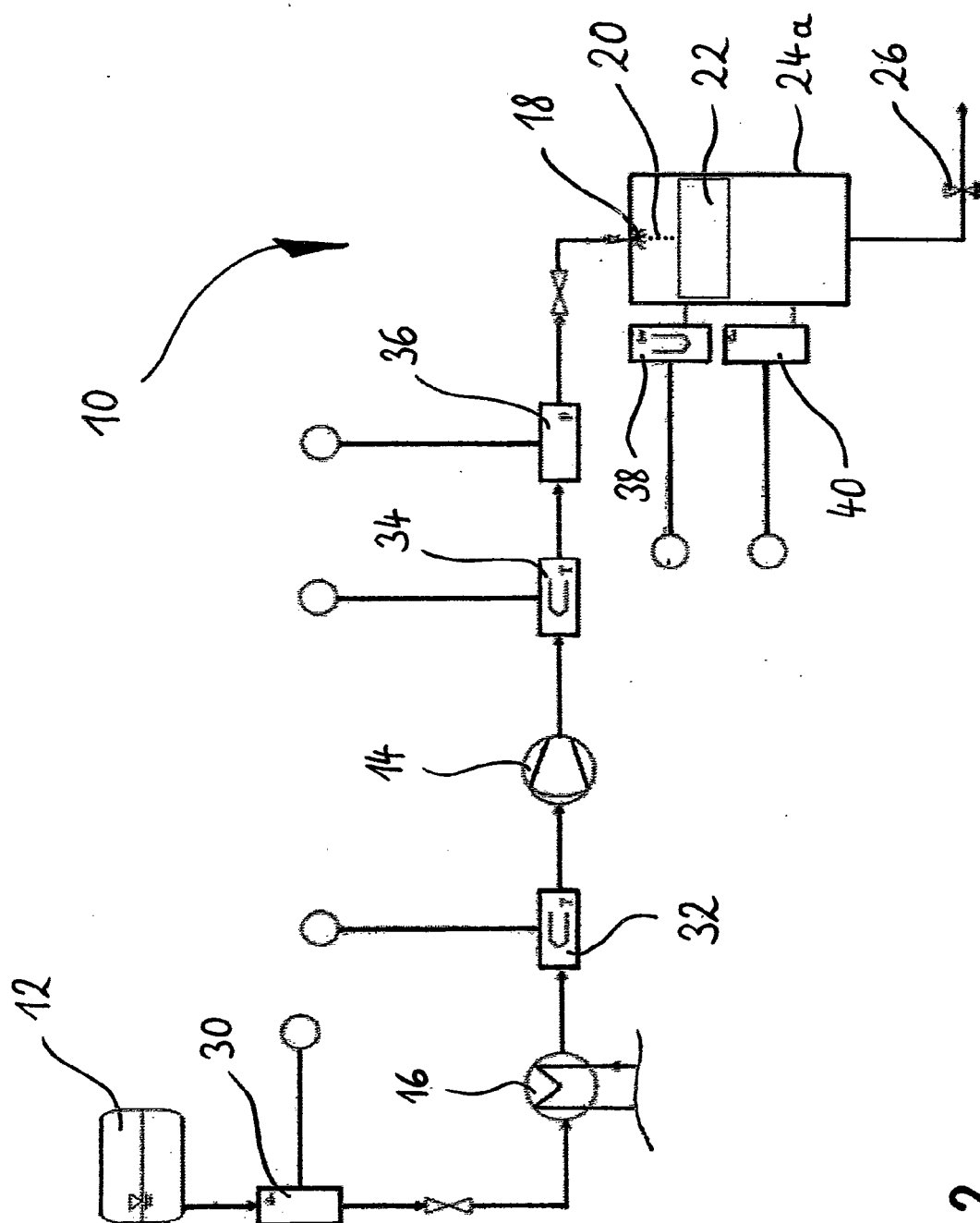


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 12 00 7193

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 5 782 253 A (CATES MICHAEL C [US] ET AL) 21. Juli 1998 (1998-07-21)	1,2,4-6, 8-10,12	INV. B24C1/00
Y	* Spalte 1, Zeilen 14-38 *	3,7,11, 13	B24C1/04
	* Spalte 4, Zeilen 59-61 *		B24C9/00
	* Spalte 6, Zeile 66 - Spalte 7, Zeile 7 *		
	* Spalte 7, Zeilen 56-60 *		
	* Spalte 10, Zeilen 32-57 *		
	* Spalte 11, Zeilen 3-6 *		
	* Spalte 12, Zeilen 32-35 *		
	* Spalte 22, Zeilen 1-30 *		
	* Spalte 23, Zeilen 17-20 *		
	* Abbildungen 5,12 *		
	* Zusammenfassung *		

Y	WO 97/06923 A1 (CRYCLE CRYOGENIC CV [NL]; BINGHAM DENNIS N [US]; SWAISTON RICHARD C [U] 27. Februar 1997 (1997-02-27)	3,11,13	
	* Seite 12, Absatz 3 - Seite 13, Absatz 1 *		
	* Abbildungen 1,2 *		

Y	EP 0 569 708 A1 (AIR PROD & CHEM [US]; IBM [US]) 18. November 1993 (1993-11-18)	3,7,11, 13	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B24C
	* Spalte 5, Zeile 57 - Spalte 6, Zeile 10 *		
	* Spalte 9, Zeilen 37-50 *		
	* Spalte 11, Zeile 17 - Spalte 12, Zeile 24 *		
	* Abbildung 4 *		
	* Zusammenfassung *		

Y	DE 44 02 247 A1 (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES [JP]) 28. Juli 1994 (1994-07-28)	3,7,11, 13	
	* Spalte 5, Zeilen 15-29 *		
	* Spalte 5, Zeile 64 - Spalte 7, Zeile 2 *		
	* Abbildungen 1,10,13A,13B *		
	* Zusammenfassung *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 7. Dezember 2012	Prüfer Eder, Raimund
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 12 00 7193

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

07-12-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5782253	A	21-07-1998	KEINE
WO 9706923	A1	27-02-1997	AU 3995795 A 12-03-1997 CA 2244657 A1 27-02-1997 EP 0843610 A1 27-05-1998 US 5733174 A 31-03-1998 WO 9706923 A1 27-02-1997
EP 0569708	A1	18-11-1993	CA 2093750 A1 16-10-1993 DE 69333248 D1 20-11-2003 DE 69333248 T2 29-04-2004 EP 0569708 A1 18-11-1993 ES 2208635 T3 16-06-2004 SG 38864 A1 17-04-1997
DE 4402247	A1	28-07-1994	DE 4402247 A1 28-07-1994 GB 2274742 A 03-08-1994 US 5512106 A 30-04-1996

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82