



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.08.2019 Patentblatt 2019/35

(51) Int Cl.:
B24C 1/00 (2006.01) B26F 3/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19157699.0**

(22) Anmeldetag: **18.02.2019**

(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
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Iben, Uwe**
141400 Khimki (RU)
• **Stuke, Bernd**
71229 Leonberg (DE)
• **Bickelhaupt, Malte**
70180 Stuttgart (DE)

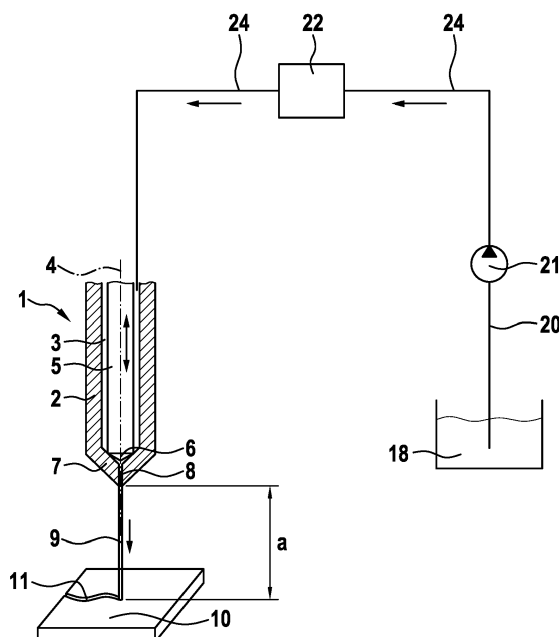
(30) Priorität: **26.02.2018 DE 102018202841**

(54) **VORRICHTUNG ZUM HOCHDRUCKFLUIDSTRAHLSCHNEIDEN**

(57) Vorrichtung zum Hochdruck-Fluidstrahlschneiden mit einem Hochdruckfluid-speicher (22), in dem verdichtetes Fluid vorgehalten wird, und mit einer Düse (1), die einen Düsenkörper (2) umfasst, in dem ein mit dem Hochdruckfluid-speicher (22) verbindbarer Druckraum (3) ausgebildet ist und von dem ein Spritzloch (8) ausgeht, durch das das verdichtete Fluid ausgespritzt werden kann. Im Druckraum (3) ist ein Düsenelement (5) beweglich angeordnet, das durch seine Bewegung das

Spritzloch (8) verschließt und öffnet. Das Spritzloch (8) ist als zylindrische Bohrung im Düsenkörper (2) ausgebildet ist, wobei der Übergang vom Druckraum (3) in das Spritzloch (8) scharfkantig ausgebildet ist. In einem Verfahren zum Hochdruckfluidstrahlschneiden wird die Düse (1) bis auf einen Abstand von höchstens 5 mm an ein Werkstück angenähert und die Düse (1) anschließend periodisch geöffnet und geschlossen.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Hochdruckfluidstrahlschneiden wie sie Verwendung findet, um Werkstücke mittels eines durch hohen Druck erzeugten Hochdruckfluidstrahls zu bearbeiten oder zu zerteilen. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben dieser Vorrichtung.

Stand der Technik

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Vorrichtungen seit längerer Zeit bekannt, mit denen ein Hochdruckfluidstrahl erzeugt werden kann, wobei als Fluid meist Wasser verwendet wird. Der durch die Vorrichtung erzeugte Hochdruckwasserstrahl eignet sich, um auch härteste Materialien, wie Stahl oder Keramik, zu zerteilen. Darüber hinaus lassen sich mit Hilfe des Hochdruckwasserstrahls Werkstücke bearbeiten: Beispielsweise können Lacke oder andere Beschichtungen abgetragen werden oder die Oberfläche kann in sonstiger Weise bearbeitet werden. Dabei wird zumeist ein kontinuierlicher Hochdruckfluidstrahl eingesetzt, wobei das Fluid bzw. das Wasser in einer Düse auf einen Druck von bis zu 6000 bar (600 MPa) verdichtet wird. Darüber hinaus ist aus der DE 10 2013 201 797 A1 eine Vorrichtung bekannt, mit der ein alternatives Wasserstrahlschneiden möglich ist. Dabei wird wie bei den bekannten Verfahren ein Hochdruckwasserstrahl erzeugt, der jedoch nicht als kontinuierlicher Wasserstrahl austritt, sondern periodisch freigegeben und unterbrochen wird. Dieser sogenannte gepulste Wasserstrahl eignet sich ebenfalls, um Werkstücke zu zerteilen oder deren Oberfläche zu bearbeiten, wobei der Vorteil des gepulsten Wasserstrahlschneidens darin besteht, dass deutlich weniger Wasser bzw. Fluid benötigt wird, wobei trotzdem eine vergleichbare Schneidwirkung erzielt werden kann. Darüber hinaus kann das gepulste Wasserstrahlschneiden mit einem deutlich geringeren Fluiddruck durchgeführt werden von beispielsweise 2000 bar. Damit ist der Energiebedarf einer solchen Vorrichtung deutlich geringer als bei dem bekannten, kontinuierlichen Wasserstrahlschneiden und entsprechend lässt sich eine solche Vorrichtung wirtschaftlicher betreiben.

[0003] Die Wirkung des Hochdruckfluidstrahls beruht auf der hohen Geschwindigkeit, mit der die Fluid- bzw. Wasserpartikel auf das Werkstück auftreffen. Dabei müssen die Partikel auch den auf dem Werkstück befindlichen Fluid- bzw. Wasserfilm durchdringen, was beim kontinuierlichen Wasserstrahlschneiden die Effektivität mindert. Dies wird durch das gepulste Wasserstrahlschneiden weitgehend vermieden, da hier das Wasser bzw. das verwendete Fluid Zeit hat, seitlich abzufließen, ehe der nächste Wasserpuls auf das Werkstück auftrifft. Eine weitere Erhöhung der Schneidwirkung lässt sich nur dadurch erreichen, indem der Fluiddruck erhöht wird, was wiederum eine höhere Geschwindigkeit der Wasserpartikel zur Folge hat.

Vorteile der Erfindung

[0004] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Hochdruckfluidstrahlschneiden weist demgegenüber den Vorteil auf, dass der durch die Vorrichtung erzeugte Hochdruckfluidstrahl eine größere Schneidwirkung entfaltet, ohne dass der Druck des Fluids weiter erhöht werden muss, so dass eine effektive Bearbeitung der Oberfläche ermöglicht wird, ebenso wie ein Zerteilen des Werkstücks. Dazu weist die Vorrichtung zum Hochdruckfluidstrahlschneiden eine Düse mit einem Düsenkörper auf, in dem ein mit dem Hochdruckfluidspeicher verbindbarer Druckraum ausgebildet ist, von dem ein Spritzloch ausgeht, durch das das verdichtete Fluid ausgespritzt werden kann. Innerhalb des Druckraums ist ein Düsenelement beweglich angeordnet, das durch seine Bewegung das Spritzloch verschließen und öffnen kann. Dabei ist das Spritzloch als zylindrische Bohrung im Düsenkörper ausgebildet, wobei der Übergang vom Druckraum in das Spritzloch scharfkantig ausgebildet ist.

[0005] Das Fluid liegt im Druckraum unter hohem Druck an. Wird das Spritzloch durch das Düsenelement freigegeben, so tritt das unter hohem Druck stehende Fluid in das Spritzloch ein, wird durch dieses ausgespritzt und bildet so den Hochdruckfluidstrahl. Ist der Übergang vom Druckraum in das Spritzloch scharfkantig ausgebildet, kommt es zur Ausbildung von sogenannten Totwasserbereichen, d.h. Bereichen, in denen die Fließgeschwindigkeit deutlich niedriger ist als in der Hauptströmung in das Spritzloch. Dadurch wird die Entstehung von Kavitation begünstigt, d.h. von kleinen Dampfblasen, die nahe des scharfkantigen Übergangs vom Druckraum in das Spritzloch entstehen. Diese werden durch die Strömungen mitgerissen und treten aus dem Spritzloch aus. Sie implodieren wieder nach sehr kurzer Zeit, jedoch sind die Partikel des Hochdruckfluidstrahls sehr schnell und treffen mit einer Geschwindigkeit zwischen 500 und 600 m/s auf das Werkstück. Ist der Abstand zwischen der Düse und dem Werkstück in einem geeigneten Bereich, so implodieren die Kavitationsblasen erst auf dem Werkstück und tragen so zur Schneidwirkung des Hochdruckfluidstrahls bei bzw. begünstigen das Entschichten oder Bearbeiten der Werkstückoberflächen. Auf diese Weise lässt sich die Schneidwirkung erhöhen, ohne die Bearbeitungszeit zu verlängern.

[0006] In einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung hat das Spritzloch eine Länge zwischen 0,25 mm und 0,75 mm. Durch die kurze Länge wird ein Aufbrechen des Hochdruckfluidstrahls begünstigt, d.h. der Hochdruckfluidstrahl fächert bereits in kurzem Abstand von der Düse auf, so dass ein Hochdruckfluidstrahl mit einem relativ großen Durchmesser entsteht, mit dem ein entsprechend großer Bereich des Werkstücks bearbeitet werden kann. In vorteilhafter Weise ist dabei der Durchmesser des Spritzlochs zwischen 0,1 mm und 0,3 mm. Darüber hinaus verhindert ein relativ kurzes Spritzloch, dass die Kavitationsblasen bereits innerhalb des Spritzlochs implodieren, was zum einen hilft, Beschädigungen

an der Düse zu vermeiden, und zum anderen dafür sorgt, dass zumindest die meisten Kavitationsblasen erst am Werkstück implodieren und dadurch die Wirkung des Hochdruckfluidstrahls verstärken.

[0007] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist das bewegliche Düsenelement als kolbenförmige Düsennadel ausgebildet, die mit einem Düsensitz innerhalb des Düsenkörpers zum Öffnen und Schließen des Spritzlochs zusammenwirkt, wobei das Spritzloch schräg zur Längsachse der Düsennadel ausgebildet ist. Ein schräg ausgebildetes Spritzloch führt zu einer starken Strömungsumlenkung des unter Hochdruck stehenden Fluids beim Eintritt in das Spritzloch, was die Entstehung von Kavitation am Übergang in das Spritzloch zusätzlich begünstigt. Damit entstehen mehr Kavitationsblasen und die Schneidwirkung wird entsprechend erhöht.

[0008] In einer weiteren Ausgestaltung ist das Spritzloch Teil einer gestuften Bohrung, die vom Druckraum ausgeht, wobei das Spritzloch den im Durchmesser kleinsten Abschnitt der gestuften Bohrung bildet. Durch diese Ausgestaltung lässt sich ein kurzes Spritzloch realisieren, ohne dass die Wandstärke des Düsenkörpers im Bereich des Spritzlochs vermindert werden muss, so dass die Stabilität der Düse in diesem Bereich nach wie vor gegeben ist.

[0009] Bei einem Verfahren zum Hochdruckfluidstrahlschneiden eines Werkstücks mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung werden nacheinander folgende Verfahrensschritte ausgeführt: Die Düse wird positioniert bezüglich des zu bearbeitenden Werkstücks, so dass der aus dem Spritzloch austretende Fluidstrahl senkrecht auf die Oberfläche des Werkstücks trifft. Anschließend wird die Düse an das Werkstück angenähert, bis der Abstand der Bearbeitungsdistanz entspricht. Anschließend wird das Spritzloch abwechselnd geöffnet und geschlossen, so dass ein gepulster Fluidstrahl entsteht, der auf das Werkstück trifft.

[0010] Durch dieses Verfahren wird die oben genannte Wirkung, bei der die Kavitation die Schneidwirkung des Hochdruckfluidstrahls unterstützt, optimal umgesetzt, insbesondere durch den geringen Abstand zwischen der Düse und der Werkstückoberfläche. Bei einer Strömungsgeschwindigkeit am Spritzlochaustritt von 500 m/s benötigen die Kavitationsbläschen zur Überwindung eines Spalts von 15 mm zwischen der Düse und der Werkstückoberfläche nur etwa 30 µs, so dass die Kavitationsblasen in der Regel nicht vor dem Auftreffen auf dem Werkstück implodieren.

[0011] In vorteilhafter Weiterbildung des Verfahrens ist der Druck im Druckraum so hoch, dass bei geöffneter Düse im Bereich des Spritzlocheinlaufs Kavitationsblasen im Fluid entstehen. Da Kavitation nur bei entsprechend schneller Strömung im Spritzloch auftreten kann, ist ein gewisser Mindestdruck erforderlich, der über Simulation oder Rechnung leicht bestimmbar ist. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Fluidruck dabei mehr als 1000 bar beträgt.

Zeichnung

[0012] In der Zeichnung sind verschiedene Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt. Es zeigt:

- | | | |
|----|----------|---|
| 5 | Figur 1 | einen schematischen Aufbau der Vorrichtung zum Hochdruckfluidstrahlschneiden, |
| 10 | Figur 2a | eine Vergrößerung der Düse im Bereich des Düsensitzes und des Spritzlochs in einer vergrößerten Darstellung, |
| 15 | Figur 2b | eine Ausschnittsvergrößerung der Figur 2a im Bereich des Spritzlochs, |
| 20 | Figur 3a | eine ebenfalls vergrößerte Darstellung der Düse im Bereich des Spritzlochs eines zweiten Ausführungsbeispiels und |
| 25 | Figur 3b | eine Ausschnittsvergrößerung der Figur 3a im Bereich des Spritzlochs und |
| | Figur 4 | eine alternative Ausgestaltung des Spritzlochs, ebenfalls in einer Detailvergrößerung der Düse. |

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0013] In **Figur 1** ist eine Vorrichtung zum Hochdruckfluidstrahlschneiden schematisch dargestellt. Die Vorrichtung umfasst eine Düse 1, die einen Düsenkörper 2 aufweist, in dem ein Druckraum 3 ausgebildet ist. Im Druckraum 3 steht ein Fluid unter hohem Druck an, wobei im Druckraum 3 ein bewegliches Düsenelement 5 angeordnet ist. Das Düsenelement 5 ist als kolbenförmige Düsennadel ausgebildet und weist an ihrem einem Spritzloch 8 zugewandten Ende eine Dichtfläche 6 auf, mit der die Düsennadel 5 mit einem im Düsenkörper 2 ausgebildeten konischen Düsensitz 7 zum Öffnen und Schließen des Spritzlochs 8 zusammenwirkt. Das Spritzloch 8 ist als zylindrische Bohrung im Düsenkörper 2 ausgebildet und parallel zur Längsachse 4 ausgerichtet, die auch die Längsachse der Düsennadel 5 bildet.

[0014] Zur Versorgung des Druckraums 3 mit einem Fluid unter hohem Druck wird das in einem Fluidtank 18 vorgehaltene Fluid über eine Leitung 20 einer Hochdruckpumpe 21 zugeführt, die das Fluid verdichtet und über eine Druckleitung 24 einem Fluidhochdruckspeicher 22 zuführt, wo das unter hohem Druck stehende Fluid gespeichert wird. Vom Fluidhochdruckspeicher 22 führt eine weitere Druckleitung 24 zum Druckraum 3 der Düse 1, so dass im Druckraum 3 stets Fluid unter Hochdruck zur Verfügung steht. Dabei wird das Fluid auf einen Druck von beispielsweise mehr als 1000 bar verdichtet, vorzugsweise mehr als 2000 bar. Alternativ kann der Fluidhochdruckspeicher 22 auch entfallen und die Düse 1 direkt mit der Hochdruckpumpe 21 verbunden werden.

[0015] Durch eine Bewegung der Düsennadel 5 innerhalb des Druckraums 3, was entweder servo-hydraulisch oder auch durch die direkte Einwirkung eines elektrischen Aktors - beispielsweise eines Elektromagneten - erreicht werden kann, wird das Spritzloch 8 abwechselnd geöffnet und geschlossen, indem die Düsennadel 5 von Düsensitz 7 wegbewegt wird oder auf diesem aufliegt. Strömt Fluid aus dem Druckraum 3 in das Spritzloch 8, so wird dieses dort wegen der hohen Druckdifferenz zur Umgebung der Düse 1 beschleunigt und bildet einen Hochdruckfluidstrahl 9 aus. Der Hochdruckfluidstrahl 9 trifft auf ein Werkstück 10 um dieses zu bearbeiten, wobei entweder die Düse 1 oder das Werkstück 10 horizontal bewegt werden kann. Dadurch kann beispielsweise ein Schnittkanal 11 erzeugt werden, wie in Figur 1 dargestellt. Die Bearbeitungsdistanz zwischen der Düse 3 und dem Werkstück 10 ist in der Figur 1 mit a bezeichnet und beträgt vorzugsweise zwischen 10 mm und 30 mm, besonders bevorzugt 15 mm bis 25 mm.

[0016] In Figur 2a ist eine Vergrößerung der Düse 1 im Bereich des Spritzlochs 8 dargestellt. Das Spritzloch 8 ist als zylindrische Bohrung im Düsenkörper 2 ausgebildet, wobei am Übergang vom Druckraum 3 in den Spritzlocheinlauf 12 des Spritzlochs 8 eine scharfkantige Einlaufkante 14 ausgebildet ist, was in Figur 2b nochmals vergrößert dargestellt ist. Da die Strömungsumlenkung am scharfkantigen Spritzlocheinlauf 12 zu einer starken Strömungsumlenkung führt, bilden sich im Bereich des Spritzlocheinlaufs 12 Kavitationsblasen 15, wie in Figur 2b schematisch angedeutet. Diese werden durch die schnelle Strömung innerhalb des Spritzlochs 8 mitgerissen und treten durch den Spritzlochauslauf 13 aus, da sie eine gewisse Zeit benötigen, bis sie wieder implodieren. Die Geschwindigkeit des Hochdruckfluids im Spritzloch 8 und damit am Spritzlochauslauf 13 beträgt etwa 500 bis 600 m/s, wenn ein Druck innerhalb des Druckraums 3 von etwa 2000 bar eingestellt ist. Die solchermaßen beschleunigten Kavitationsblasen 15 überwinden damit die Bearbeitungsdistanz a von 15 mm innerhalb einer Zeit von etwa 30 μ s, was kürzer ist als die mittlere Lebensdauer der Kavitationsblasen, so dass diese zu einem großen Teil erst im Bereich des Werkstücks 10 implodieren und damit die Schneidwirkung des Hochdruckfluidstrahls 9 verstärken.

[0017] Figur 3a zeigt ebenfalls eine Vergrößerung der Düse 1 im Bereich des Spritzlochs 8 eines weiteren Ausführungsbeispiels, das sich vom Ausführungsbeispiel der Figur 2a dadurch unterscheidet, dass das Spritzloch 8 nicht kollinear zur Längsachse 4 ausgebildet ist, sondern schräg zu dieser. Dies hat verschiedene Auswirkungen. Zum einen ist der effektive Druck innerhalb des Spritzlochs 8 etwas reduziert, da die Strömung beim Eintritt in das Spritzloch 8 stärker umgelenkt werden muss, was mit einem gewissen Druckverlust einhergeht. Damit vermindert sich auch die Geschwindigkeit der Partikel innerhalb des Hochdruckfluidstrahls 9 etwas. Zum anderen ist durch die starke Umlenkung der Fluidströmung bei Einströmung ins Spritzloch 8 eine stärkere Kavitations-

neigung gegeben, insbesondere im Bereich der Einlaufkante 14, die in der Figur 3b oben gezeigt ist, also die Seite der Einlaufkante 14, die der Düsennadel 5 zugewandt ist. Durch die stärkere Kavitation, hier angedeutet durch eine größere Kavitationsblase 15, bilden sich mehr Kavitationsbläschen, die auf das Werkstück 10 treffen und damit die Schneidwirkung erhöhen. Damit der Hochdruckfluidstrahl 9 auf das Werkstück 10 im Wesentlichen senkrecht trifft bzw. in dem Winkel, in dem die Bearbeitung erfolgen muss, muss die Düse 1 entsprechend geneigt werden.

[0018] In Figur 4 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Düse 1 gezeigt, ebenfalls als Ausschnittvergrößerung im Bereich des Spritzlochs 8'. Das Spritzloch 8' ist hier als gestufte Bohrung ausgebildet, das einen im Durchmesser größeren Abschnitt 108 und einen im Durchmesser kleineren Abschnitt 208 ausbildet, wobei der im Durchmesser kleinere Abschnitt 208 das eigentlich wirksame Spritzloch bildet. Durch diese Ausbildung kann ein relativ kurzes Spritzloch gebildet werden, ebenfalls mit einer scharfkantigen Einlaufkante 14' zwischen dem im Durchmesser größeren Abschnitt 108 und dem im Durchmesser kleineren Abschnitt 208 und damit mit der entsprechenden Kavitationsneigung. Der im Durchmesser kleinere Abschnitt 208 ist relativ kurz, was auch hier dazu führt, dass der Spritzstrahl in einem kurzen Abstand zur Düse aufbricht und damit beim Auftreffen auf das Werkstück 10 einen vergleichsweise großen Durchmesser aufweist. Durch die gestufte Bohrung muss die Wandstärke des Düsenkörpers 2 im Bereich des Spritzlochs 8' nicht reduziert werden, so dass trotz des kurzen Abschnitts 208 eine gute mechanische Stabilität des Düsenkörpers 2 in diesem Bereich gewährleistet ist. Alternativ kann das gestufte Spritzloch 8' auch mit vertauschter Abfolge von kleinerem Abschnitt 208 und größerem Abschnitt 108 gefertigt sein, wie in Figur 5 dargestellt. Hier bildet der im Durchmesser kleinere Abschnitt 208 den Teil des Spritzlochs 8', der sich unmittelbar an den Düsensitz 7 anschließt, während der im Durchmesser größere Abschnitt 108 den äußeren Abschnitt des Spritzlochs 8' bildet.

[0019] Das Spritzloch 8 bzw. der im Durchmesser kleinere Abschnitt des Spritzlochs 8' weisen vorzugsweise eine Länge von 0,25 mm bis 0,75 mm auf. Je kürzer das Spritzloch, desto schneller bricht der Hochdruckfluidstrahl 9 auf, nachdem er die Düse verlassen hat, was eine Bearbeitung eines größeren Bereichs des Werkstücks 10 erlaubt. Die normalerweise damit einhergehende geringere Wirkung des Hochdruckfluidstrahls 9 auf das Werkstück 10 durch die Reibung in der Luft wird durch die Kavitationsblasen, die mit dem Hochdruckfluidstrahl mitgerissen werden und auf dem Werkstück 10 implodieren, kompensiert, so dass das Werkstück 10 effektiv mit einer ähnlichen Schnittgeschwindigkeit bzw. Bearbeitungsgeschwindigkeit wie bei den bekannten Hochdruck-Fluidstrahldüsen bearbeitet werden kann, jedoch können Flächen in einer kürzeren Zeit bearbeitet werden, da der Hochdruckfluidstrahl 9 entsprechend

breiter ist. Durch die auftretenden Kavitationsblasen ist dieser Hochdruckfluidstrahl 9 insbesondere dazu geeignet, Werkstücke 10 an ihrer Oberfläche zu bearbeiten, also beispielsweise Lackschichten oder Keramikschichten zu entfernen oder die Oberfläche aufzurauen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Hochdruck-Fluidstrahlschneiden mit einer Düse (1), die einen Düsenkörper (2) umfasst, in dem ein mit verdichtetem Fluid befüllbarer Druckraum (3) ausgebildet ist und von dem ein Spritzloch (8) ausgeht, durch das das verdichtete Fluid ausgespritzt werden kann, und mit einem Düsenelement (5), das beweglich innerhalb des Druckraums (3) angeordnet ist und das durch seine Bewegung das Spritzloch (8) verschließt und öffnet, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Spritzloch (8) als zylindrische Bohrung im Düsenkörper (2) ausgebildet ist, wobei der Übergang vom Druckraum (3) in das Spritzloch (8) scharfkantig ausgebildet ist. 50
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druckraum (3) mit einem Hochdruckfluidspeicher (22) verbindbar ist, in dem verdichtetes Fluid vorgehalten wird. 25
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Spritzloch (8) eine Länge von 0,25 mm bis 0,75 mm aufweist. 30
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Spritzloch (8) einen Durchmesser (D) von 0,1 mm bis 0,3 mm aufweist. 35
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Düsenelement als kolbenförmige Düsennadel (5) ausgebildet ist, die mit einem Düsensitz (7) innerhalb des Düsenkörpers (2) zum Öffnen und Schließen des Spritzlochs (8) zusammenwirkt, wobei das Spritzloch (8) schräg zur Längsachse (4) der Düsennadel (5) ausgebildet ist. 40
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Spritzloch (8') Teil einer gestuften Bohrung ist, die vom Druckraum (3) ausgeht, wobei das Spritzloch (8') den im Durchmesser kleinsten Abschnitt (208) der gestuften Bohrung bildet. 45
7. Verfahren zum Hochdruckfluidstrahlschneiden eines Werkstücks (10) mittels einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **gekennzeichnet durch** folgende Verfahrensschritte: 50
 - Positionieren der Düse (1) bezüglich des zu bearbeitendem Werkstücks (10) so, dass der

aus dem Spritzloch (8) austretende Fluidstrahl (9) auf die Oberfläche des Werkstücks (10) trifft.

- Annähern der Düse an das Werkstück, bis der Abstand (a) zwischen dem Spritzlochauslauf (13) und der Werkstückoberfläche einer Bearbeitungsdistanz (a) entspricht.

- Abwechselnd öffnen und schließen des Spritzlochs (8), so dass ein gepulster Fluidstrahl (9) entsteht, der auf das Werkstück (10) trifft.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bearbeitungsdistanz (a) zwischen 5 mm und 25 mm beträgt, vorzugsweise 15 mm bis 25 mm.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fluiddruck im Fluidhochdruckspeicher (22) und damit im Druckraum (3) so hoch eingestellt wird, dass bei geöffneter Düse (1) im Bereich des Spritzlocheinlaufs (12) Kavitationsblasen (15) im Fluid entstehen.
10. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fluiddruck mehr als 1000 bar (100 MPa) beträgt.

Fig. 1

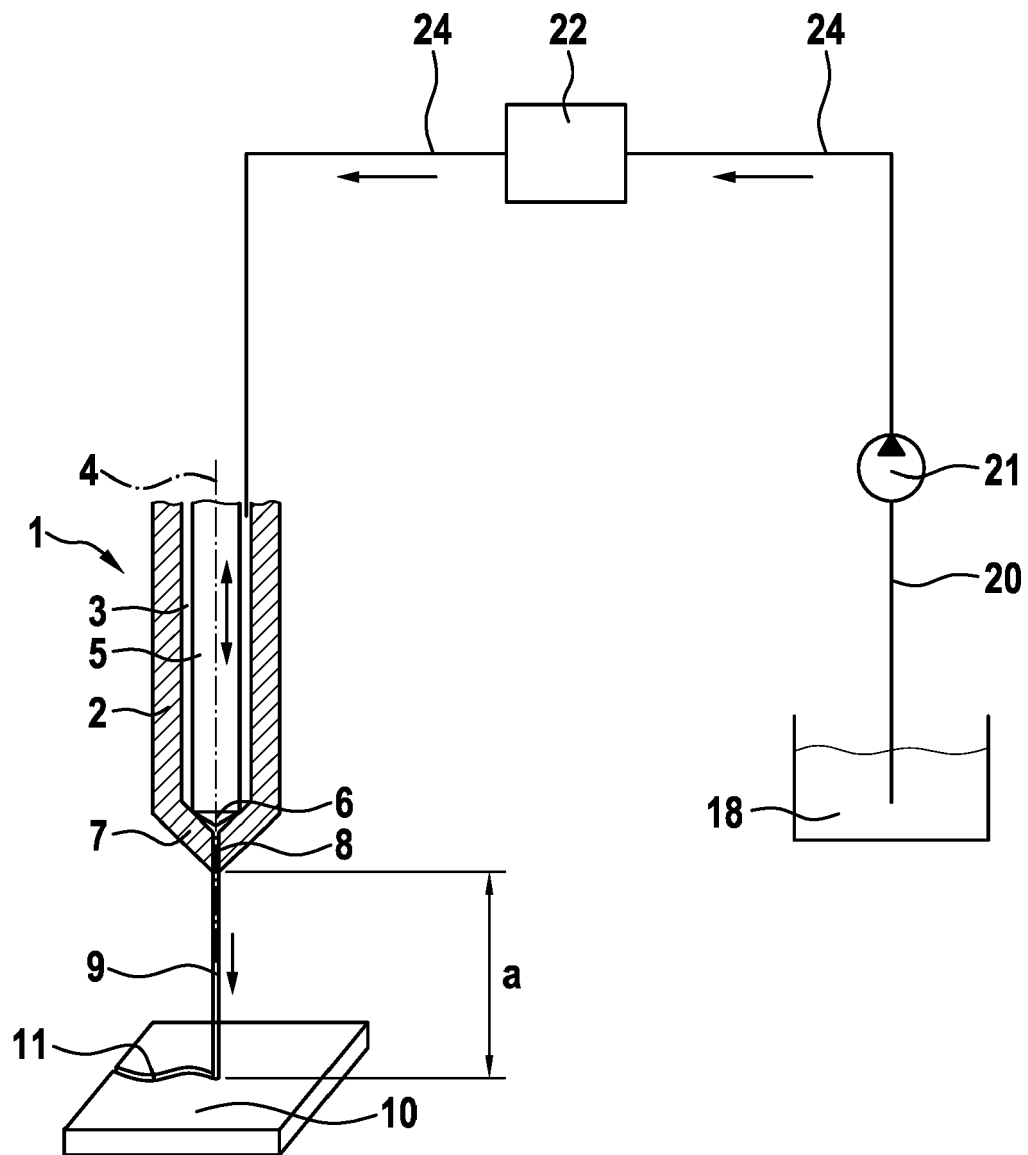


Fig. 2a

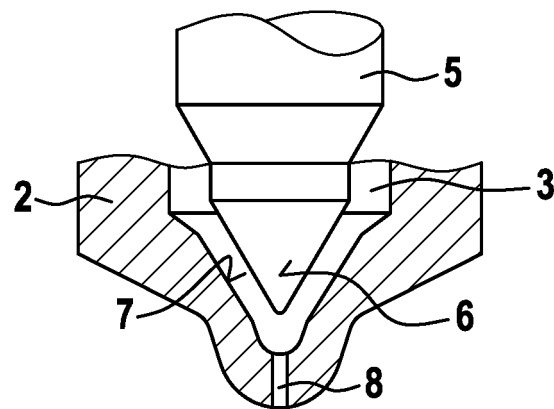


Fig. 2b

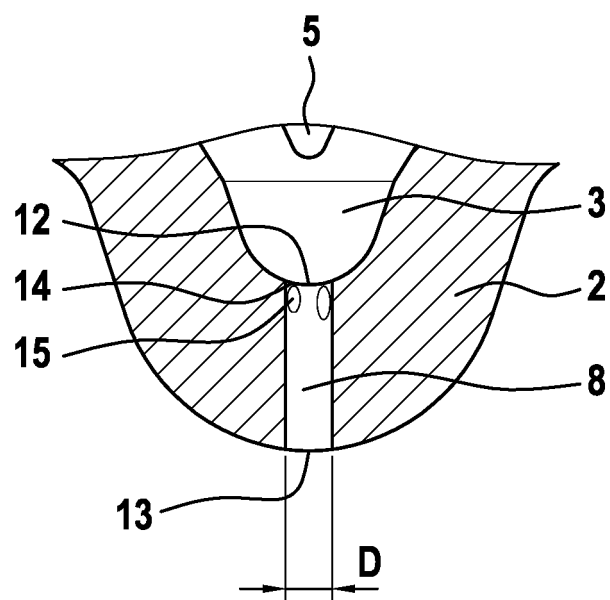


Fig. 3a

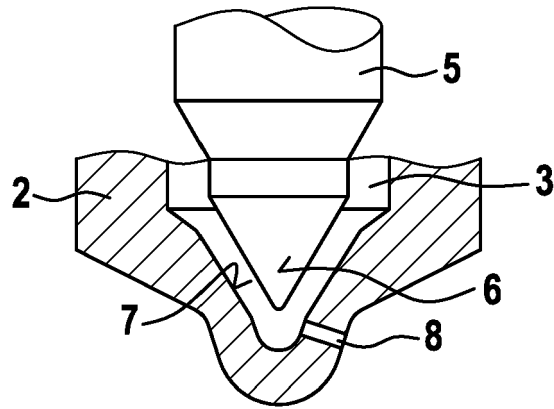


Fig. 3b

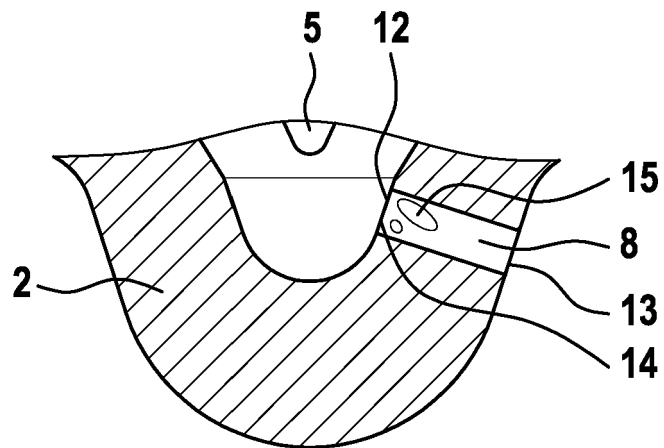


Fig. 4

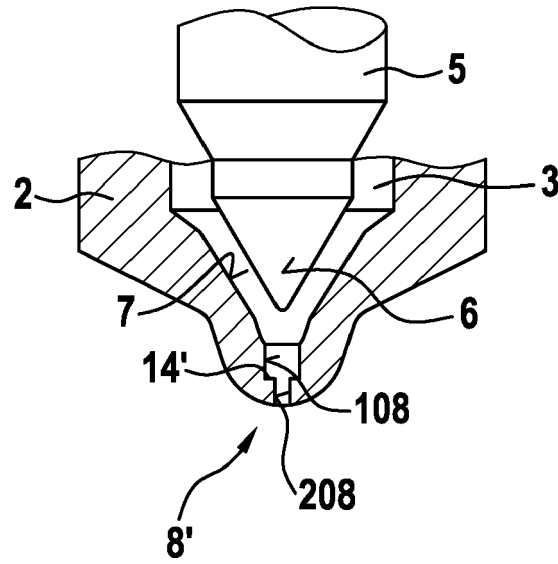
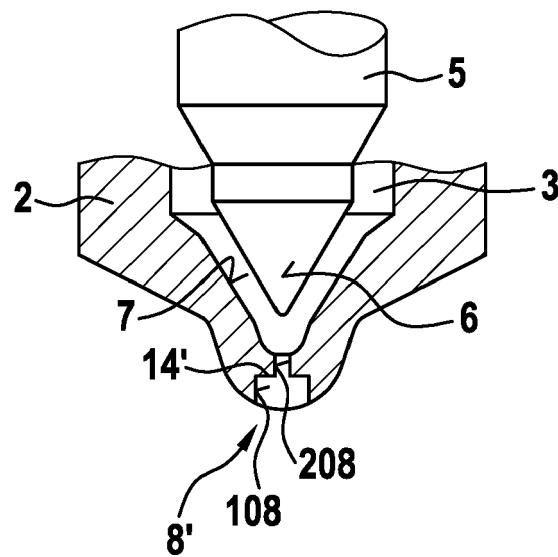


Fig. 5





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 15 7699

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2014 225247 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 9. Juni 2016 (2016-06-09)	1-4,7-10	INV. B24C1/00
Y	* Abbildung 2 *	5,6	
Y	US 4 150 794 A (HIGGINS BOBBY L [US]) 24. April 1979 (1979-04-24) * Spalte 4, Zeile 45 - Zeile 60; Abbildung 4 *	6	ADD. B26F3/00
A	US 5 226 597 A (URSIC THOMAS A [US]) 13. Juli 1993 (1993-07-13) * Abbildung 5 *	1-10	
A	US 4 607 794 A (HORWOOD NORMAN [GB]) 26. August 1986 (1986-08-26) * Zusammenfassung; Abbildung 5 *	1-10	
A	DE 27 24 173 A1 (SPECK KOLBENPUMPEN FABRIK) 30. November 1978 (1978-11-30) * Seite 5, Absatz 3; Abbildung 3 *	1-10	
Y	WO 2005/068825 A1 (SIEMENS AG [DE]; KULL EBERHARD [DE] ET AL.) 28. Juli 2005 (2005-07-28) * Abbildung 1 *	5	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B26F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 25. Juni 2019	Prüfer Wimmer, Martin
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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, 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 03.92 (P04C03)

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

EP 19 15 7699

5 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.

25-06-2019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102014225247 A1	09-06-2016	CN 107000238 A	01-08-2017
		DE 102014225247 A1	09-06-2016
		EP 3230025 A1	18-10-2017
		US 2018015631 A1	18-01-2018
		WO 2016091447 A1	16-06-2016

US 4150794 A	24-04-1979	KEINE	

US 5226597 A	13-07-1993	AT 168591 T	15-08-1998
		CA 2087556 A1	17-06-1994
		DE 69319865 D1	27-08-1998
		DE 69319865 T2	24-12-1998
		EP 0602301 A1	22-06-1994
		US 5226597 A	13-07-1993

US 4607794 A	26-08-1986	DE 3478405 D1	06-07-1989
		EP 0127264 A1	05-12-1984
		US 4607794 A	26-08-1986

DE 2724173 A1	30-11-1978	DE 2724173 A1	30-11-1978
		DK 234478 A	28-11-1978
		GB 1596070 A	19-08-1981
		IT 1095521 B	10-08-1985

WO 2005068825 A1	28-07-2005	DE 102004002678 A1	18-08-2005
		DE 112005000139 A5	19-06-2008
		WO 2005068825 A1	28-07-2005

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102013201797 A1 [0002]