



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.10.2018 Patentblatt 2018/43

(51) Int Cl.:
B24C 7/00 (2006.01) B24C 5/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17167569.7**

(22) Anmeldetag: **21.04.2017**

(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:
MA MD

(71) Anmelder: **Microwaterjet AG**
4912 Aarwangen (CH)

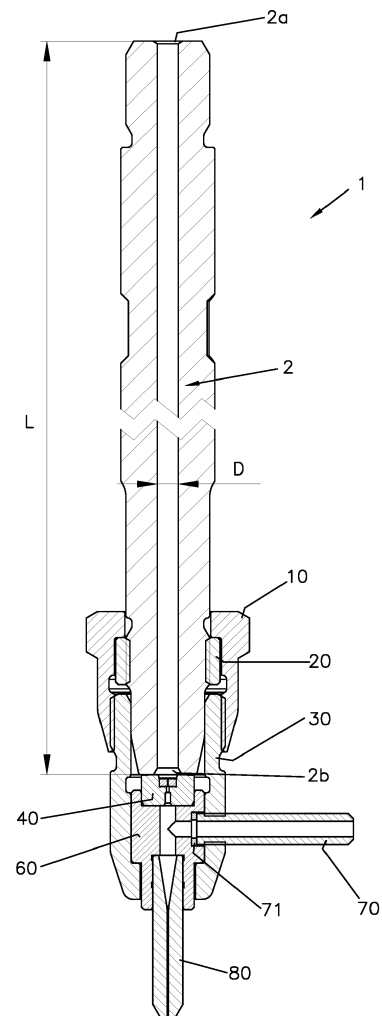
(72) Erfinder: **Maurer, Walter**
4665 Oftringen (CH)

(74) Vertreter: **AMMANN PATENTANWÄLTE AG BERN**
Schwarztorstrasse 31
Postfach 5135
3001 Bern (CH)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BEARBEITEN EINES WERKSTÜCKS MITTELS ABRASIVFLÜSSIGKEITSSTRAHLS**

(57) Beim Verfahren zum Bearbeiten eines Werkstücks mittels eines aus einem Fokussierrohr (80) austretenden Abrasivflüssigkeitsstrahls wird in einer Düse (40) ein Flüssigkeitsstrahl (55) gebildet, der in einer nachfolgenden Kammer (64) eingeleitete Abrasivpartikel beschleunigt. Flüssigkeitsstrahl und Abrasivpartikel werden aus der Kammer in einen Kanal (81) des Fokussierrohrs geleitet, so dass sich innerhalb des Kanals ein Kernbereich (B1), in welchem sich die Flüssigkeit konzentriert befindet, und zwischen Kernbereich und Rand des Kanals ein Übergangsbereich (B2) ausbilden, in welchem sich die Abrasivpartikel konzentriert befinden. Die Vorrichtung umfasst eine Steuerung (8) zum Ansteuern der Zufuhr von Flüssigkeit und Abrasivpartikeln in die Kammer, so dass das Verhältnis der Masse an Abrasivpartikeln (mA) zur Masse an Flüssigkeit (mF), welche pro Zeiteinheit aus dem Fokussierrohr austreten bzw. austritt, unterhalb eines vorbestimmten Schwellenwerts liegt.

FIG. 1



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bearbeiten eines Werkstücks mittels eines aus einem Fokussierrohr austretenden Abrasivflüssigkeitsstrahls.

[0002] Derartige Verfahren und Vorrichtungen sind beispielsweise aus der Patentschrift US 8,527,084 B2 und EP 2 338 653 B1 des gleichen Anmelders bekannt.

[0003] Bekanntermassen wird in einer Düse ein Strahl aus Flüssigkeit, z. B. Wasser, erzeugt, dem in einer Mischkammer Abrasivpartikel beigemischt werden. Dabei interagieren Flüssigkeit und Abrasivpartikel stark miteinander, so dass möglichst viel Energie auf diese übertragen wird. Der dabei entstehende Abrasivflüssigkeitsstrahl lässt jedoch eine nicht allzu genaue Bearbeitung zu. Mit den heute auf dem Markt erhältlichen Vorrichtungen ist z. B. beim Schneiden eines Werkstückes entlang einer Kontur mit einer Konturgenauigkeit von typischerweise über ± 0.1 mm zu rechnen.

[0004] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung anzugeben, welche das Bearbeiten von Werkstücken mit verbesserter Genauigkeit ermöglichen.

[0005] Diese Aufgabe wird durch das Verfahren gemäss Anspruch 1 und die Vorrichtung gemäss dem unabhängigen Vorrichtungsanspruch gelöst. Die weiteren Ansprüche geben bevorzugte Ausführungen des Verfahrens und der Vorrichtung sowie eine Verwendung an.

[0006] Beim Verfahren gemäss dem Anspruch 1 werden Flüssigkeitsstrahl und Abrasivpartikel in einen Kanal des Fokussierrohrs geleitet, so dass sich innerhalb des Kanals ein Kernbereich, in welchem sich die Flüssigkeit konzentriert befindet, und zwischen Kernbereich und Rand des Kanals ein Übergangsbereich ausbilden, in welchem sich die Abrasivpartikel konzentriert befinden.

[0007] Der anfänglich in der Düse gebildete Flüssigkeitsstrahl bleibt somit weitgehend erhalten beim Beifügen der Abrasivpartikel. Es lässt sich ein Abrasivflüssigkeitsstrahl erzeugen, der quer zur Ausbreitungsrichtung gesehen einen genauer definierten Wirkungsbereich hat, so dass ein präzises, aber dennoch effizientes Bearbeiten möglich ist.

[0008] Bei der Vorrichtung gemäss unabhängigem Vorrichtungsanspruch ist eine Steuerung zum Ansteuern der Zufuhr von Flüssigkeit und Abrasivpartikel vorgesehen, so dass das Verhältnis der Masse an Abrasivpartikeln zur Masse an Flüssigkeit, welche pro Zeiteinheit aus Fokussierrohr austreten bzw. austritt, unterhalb eines vorbestimmten Schwellenwerts liegt.

[0009] Es wird dabei im Betrieb verhindert, dass zu viel Abrasivmaterial dem Flüssigkeitsstrahl zugeführt wird und dieser aufgrund der Durchmischung einen weniger genauen Wirkungsbereich aufweist.

[0010] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf Figuren erläutert.

[0011] Es zeigen

Fig. 1 eine Seitenansicht eines Bearbeitungskopfs im Schnitt gemäss der Linie I-I in Fig. 3;

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht des Bearbeitungskopfs aus Fig. 1;

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht einer Bearbeitungsvorrichtung mit einem Bearbeitungskopf gemäss Fig. 1;

Fig. 4 eine Draufsicht des Bearbeitungskopfs aus Fig. 1;

Fig. 5 den unteren Teil des Kollimationsrohrs aus Fig. 1;

Fig. 6 die Zugschraube aus Fig. 1;

Fig. 7 den Druckring aus Fig. 1;

Fig. 8 das Halteteil aus Fig. 1;

Fig. 9 die Düse sowie einen Teil des Kollimationsrohrs aus Fig. 1;

Fig. 10 eine Detailansicht aus Fig. 9;

Fig. 11 eine geschnittene Detailansicht eines Düsensteins mit einer alternativen Geometrie des Einlasses;

Fig. 12 eine geschnittene Detailansicht eines Düsensteins mit einer weiteren alternativen Geometrie des Einlasses;

Fig. 13 das Verzweigungsteil aus Fig. 1;

Fig. 14 das Fokussierrohr aus Fig. 1;

Fig. 15 schematisch die Verteilung von Flüssigkeit und Abrasivpartikeln im Fokussierrohr; und

Fig. 16 eine geschnittene Werkstücksoberfläche bei der Bearbeitung mittels Abrasivflüssigkeitsstrahls.

[0012] Figuren 1, 2 und 4 zeigen den Bearbeitungskopf, welcher Teil einer als Bearbeitungsvorrichtung dienenden Maschine ist und aus welchem im Betrieb ein Strahl aus Flüssigkeit und Abrasiv zur Bearbeitung eines Werkstücks tritt. Dieser Abrasivflüssigkeitsstrahl wird nachfolgend auch als Bearbeitungsstrahl bezeichnet.

[0013] Je nach Anwendungszweck ist der Bearbeitungskopf stationär oder im Raum beweglich angeordnet, z. B. in drei Achsen verschiebbar und/oder um mindestens eine Achse rotierbar. Zum präzisen Positionieren des Bearbeitungskopfs ist eine geeignete Wegmesseinrichtung einsetzbar, welche beispielsweise einen Glasmessstab pro Verschiebeachse umfasst. Ist ein An-

trieb mit Encoder zum Verfahren des Bearbeitungskopfs vorgesehen, so kann die Präzision in der Wegmessung erhöht werden, indem Positionswerte zwischen den Skaleneinheiten des Glasmessstabs mittels des Encoders bestimmt werden. Dies ist z.B. dadurch erzielbar, dass der Encoder eine höhere Anzahl Pulse pro Längeneinheit liefert als der Glasmessstab.

[0014] Um eine hohe mechanische Stabilität und eine Schwingungsdämpfung sicherzustellen, kann der Bearbeitungskopf 5 auf einem Maschinenbett 6 aus Mineralguss angeordnet sein, wie dies beispielhaft in Fig. 3 gezeigt ist. Der Bearbeitungskopf 5 ist in diesem Ausführungsbeispiel in drei Linearachsen verschiebbar angeordnet durch Vorsehen einer verfahrbaren Brücke 6a, an welcher der Bearbeitungskopf 5 quer sowie vertikal verfahrbar angeordnet ist.

[0015] Weiter ist in Fig. 3 eine Werkstückauflage 6b zu sehen, auf welcher ein zu bearbeitendes Werkstück W aufliegt. Die Bearbeitungsvorrichtung ist mit Haltemitteln 6c zum Festhalten des Werkstücks W versehen. Die Haltemittel 6c sind z. B. als Klemmen ausgebildet, mittels welchen das Werkstück W an die Werkstückauflage 6b gedrückt wird. Dadurch kann gewährleistet werden, dass das Werkstück W möglichst plan aufliegt und somit bei der Bearbeitung ein möglichst konstanter Abstand zwischen dem auslasseitigen Ende des Bearbeitungskopfs 5 und der Werkstücksoberfläche beibehalten werden kann.

[0016] Zum Zuführen von Abrasivpartikeln in eine Kammer 64 im Bearbeitungskopf 5 (vgl. Kammer 64 in Fig. 12) weist die Bearbeitungsvorrichtung eine Dosiereinrichtung 7 auf. Die Steuerung 8 der Bearbeitungsvorrichtung ist so eingerichtet, dass im Betrieb Flüssigkeit und Abrasivpartikel in die Kammer 64 im Bearbeitungskopf 5 so zugeführt werden, dass das Verhältnis der Masse an Abrasivpartikeln zur Masse an Flüssigkeit, welche pro Zeiteinheit aus dem Fokussierrohr austreten bzw. austritt, unterhalb eines vorbestimmten Schwellenwerts liegt.

[0017] Zurückkommend auf Fig. 1, 2 und 4 werden nachfolgend die einzelnen Komponenten des Bearbeitungskopfs 5 genauer erläutert. Dieser umfasst ein Kollimationsrohr 1, welches mittels Zugschraube 10 und Druckring 20 an einem Halteteil 30 befestigt ist. In diesem ist ein Verzweigungsteil 60 aufgenommen, an welchem eine Düse 40, ein Einlassstutzen 70 für das Abrasiv sowie ein Fokussierrohr 80 angeordnet sind.

[0018] Der Einlass 2a des Kollimationsrohrs 1 ist über eine Hochdruckleitung an eine Pumpenvorrichtung anschliessbar, welche die Flüssigkeit, z. B. Wasser, unter Hochdruck zuführt, um in der Düse 40 einen Flüssigkeitsstrahl zu erzeugen, dem dann anschliessend Abrasiv beigefügt wird zur Bildung des Bearbeitungsstrahls. In der Hochdruckleitung ist ein betätigbares Ventil angeordnet zum Ein- und Ausschalten der Flüssigkeitszufuhr und somit des Bearbeitungsstrahls. Die Pumpenvorrichtung ist so ausgelegt, dass der Bearbeitungsstrahl einen hohen Druck aufweist, der typischerweise mindestens 1000 bar

beträgt, bevorzugt mindestens 2000 bar und besonders bevorzugt mindestens 3000 bar.

[0019] Das Kollimationsrohr 1 enthält eine Bohrung 2, welche einen kreiszylindrischen Querschnitt aufweist und am Einlass 2a und Auslass 2b vorzugsweise konisch aufgeweitet ist. Die Stirnseite 4 des Kollimationsrohrs 1 ist ausgelegt zur Kontaktierung mit der Düse 40, so dass eine dichte Verbindung gewährleistet ist (vgl. Fig. 5 und 9).

[0020] Die Flüssigkeit wird im Betrieb von der Pumpenvorrichtung als turbulenter Flüssigkeitsstrom zugeführt. Im Kollimationsrohr 1 erfolgt eine Weiterleitung und Strömungsberuhigung, so dass vorzugsweise eine laminare oder zumindest turbulenzreduzierte Strömung entsteht.

[0021] Wie auch Fig. 5 zeigt, weist das Kollimationsrohr 1 endseitig einen Abschnitt 2c auf, der im zusammengesetzten Zustand im Halteteil 30 aufgenommen ist. Die Aussenfläche des Abschnitts 2c und die entsprechende Innenfläche des Halteteils 30 sind komplementär zueinander ausgebildet, z.B. beide kreiszylindrisch. Der Abschnitt 2c gewährleistet eine präzise Ausrichtung des Fokussierrohrs 1 im Halteteil 30, so dass die Bohrung 2 koaxial zu den nachfolgenden Kanälen zur Flüssigkeitsleitung ausgerichtet ist. Nachfolgend zum Abschnitt 2c weist das Kollimationsrohr 1 einen Abschnitt mit einem Aussengewinde 3 auf. In dieses greift im zusammengesetzten Zustand das Innengewinde 23 des in die Zugschraube 10 eingefügten Druckrings 20 (vgl. Fig. 7).

[0022] Wie auch Fig. 6 zeigt, umfasst die Zugschraube 10 ein als Vielkant ausgebildetes Ende 11 sowie eine durchgehende Ausnehmung 12. Diese weitet sich in Strömungsrichtung gesehen auf, wodurch für den Druckring 20 ein Anschlag 13 gebildet ist, und ist endseitig mit einem Innengewinde 14 versehen zum Eingriff mit einem am Halteteil 30 gebildeten Aussengewinde 34, vgl. Fig. 8.

[0023] Das Halteteil 30 umfasst eine durchgehende Ausnehmung 32 mit einem einlassseitigen Aufnahmeabschnitt 32a, welcher einen kreiszylindrischen Querschnitt aufweist und zur Aufnahme des Endes des Kollimationsrohrs 1 dient, einen Zwischenabschnitt 32b, in welchem eine durch die Wandung des Halteteils 30 hindurchgehende erste Querbohrung 33 mündet, und einen auslasseitigen Aufnahmeabschnitt 32c zur Aufnahme des Verzweigungsteils 60. Der auslasseitige Aufnahmeabschnitt 32c, welcher hier einen kreiszylindrischen Querschnitt aufweist und in welchem eine durch die Wandung des Halteteils 30 hindurchgehende zweite Querbohrung 35 mit Innengewinde mündet, ist mit einer Stufe 32d versehen, wodurch ein Sitz für das Verzweigungsteil 60 gebildet ist.

[0024] Die erste Querbohrung 33 dient als Entlastungskanal, durch welchen hindurch Flüssigkeit z. B. im Falle einer Undichtheit abfließen kann.

[0025] Die zweite Querbohrung 35 im Halteteil 30 ist mit dem Einlassstutzen 70 verbunden und weist zu diesem Zweck z. B. ein Innengewinde auf, welches in ein Aussengewinde am Einlassstutzen 70 greift.

[0026] Fig. 9 zeigt die Düse 40, welche eine Düsenhalterung 41 und einen Düsenstein 50 umfasst.

[0027] Die Düsenhalterung 41 weist eine Oberseite 42a auf, welche direkt die Stirnseite 4 des Kollimationsrohrs 1 kontaktiert, so dass eine metallische Abdichtung entsteht. Die Geometrie der beiden Seiten 4 und 42a ist so angepasst, dass eine Dichtung mit reduziertem Kraftaufwand sichergestellt ist. Hier weist die Oberseite 42a eine konvex geformte Wölbung auf. Die Stirnseite 4 ist eben ausgebildet.

[0028] Die Düsenhalterung 41 enthält eine Vertiefung 43, in welcher der Düsenstein 50 eingesetzt ist, und einen Kanal 44, welcher von der Vertiefung 43 zur Unterseite 42b der Düsenhalterung 41 reicht. Der Kanal 44 ist stufenartig ausgebildet. Hier umfasst er einen ersten Kanalabschnitt 44a, der über eine erste Erweiterung 44b in einen zweiten Kanalabschnitt 44c mit grösserem Innendurchmesser übergeht, welchem sich eine zweite Erweiterung 44d anschliesst. Die Kanalabschnitte 44a und 44c sind hier kreiszylindrisch und die Erweiterungen 44b und 44d konisch ausgebildet.

[0029] Der Düsenstein 50 ist aus einem besonders harten Material, beispielsweise Rubin, Saphir oder Diamant. Wie Fig. 10 zeigt, umfasst er einen durchgehenden Kanal 51. Der Einlass des Kanals 51 ist hier nicht scharfkantig ausgebildet, sondern weist eine Wandung auf, die abgerundet und/oder abgeschrägt ist, so dass sich in Strömungsrichtung gesehen eine nicht-abrupte Verengung ergibt, die in den kreiszylindrischen Kanalteil 51b übergeht. Die Geometrie der Verengung 51a ist z. B. so gewählt, dass sie durch eine Oberfläche 51a definiert ist, welche im Querschnitt gesehen auf einer kreisrunden Linie mit Radius ρ verläuft, vgl. die gepunktete Linie in Fig. 10. Fig. 11 zeigt ein Beispiel, bei welchem der Einlass durch eine abgeschrägte Kante 51a' gegeben ist. Die Grösse γ definiert den Winkel zwischen der Senkrechten auf der einlassseitigen Fläche 50a des Düsensteins 50 und der Kante 51a'. Fig. 12 zeigt ein Beispiel, bei welchem der Einlass ein Profil 51a'' aufweist, das zuerst rund und dann gerade verläuft. Die Grösse γ' definiert den Winkel zwischen der Senkrechten auf der einlassseitigen Fläche 50a und der Geraden, welche durch die beiden Endpunkte des Profils 51a'' verläuft.

[0030] Im Betrieb löst sich die zugeführte Flüssigkeit vom Einlass 51a, 51a' bzw. 51a'' ab, so dass sich ein in Fig. 10, 11 bzw. 12 durch die gestrichelte Linie 55 angedeuteter Strahl ausbildet, welcher beabstandet von der Wandung des Kanalteils 51b verläuft.

[0031] Fig. 13 zeigt das Verzweigungsteil 60, welches an den Enden eine einlassseitige Vertiefung 61 und eine auslassseitige Vertiefung 62 sowie an der Seite eine seitliche Vertiefung 63 aufweist. Die Vertiefungen 61 und 62 sind durch eine Zwischenbohrung 64 miteinander verbunden, so dass jeweils eine Stufe gebildet ist. Sie dienen als Sitz für die Düse 40 bzw. das Fokussierrohr 80. Von der Zwischenbohrung 64 führt eine dazu querverlaufende Querbohrung 65 zur seitlichen Vertiefung 63, wodurch sich eine weitere Stufe ergibt. In die seitliche

Vertiefung ist das mit einem Dichtring 71 versehene Ende des Einlassstutzens 70 aufnehmbar (vgl. Fig. 1).

[0032] Fig. 14 zeigt das Fokussierrohr 80. Dieses umfasst einen durchgehenden Innenkanal 81, welcher einen Eingangsabschnitt 81a aufweist, der in einem kreiszylindrischen Kanal 81b mündet. Der Eingangsabschnitt 81a ist hier konisch sich verengend ausgebildet, wobei der Winkel des Konus mit β bezeichnet ist.

[0033] Nachfolgend werden verschiedene Massnahmen erläutert, die einzeln oder in beliebiger Kombination anwendbar sind, um einen Bearbeitungsstrahl zu erzeugen, der eine Bearbeitung eines Werkstücks mit einer erhöhten Präzision ermöglicht.

[0034] Beim Kollimationsrohr 1 werden die Länge L der Bohrung 2 sowie der Innendurchmesser D so gewählt (vgl. Fig. 1), dass das Verhältnis L/D im Bereich von 40 bis 55 liegt, bevorzugt im Bereich von 45 bis 50.

[0035] Die Innenfläche des Kollimationsrohrs 1 ist besonders glatt ausgebildet. Eine Verbesserung der Oberflächengüte ist erzielbar, indem bei der Fertigung die Oberfläche nachbearbeitet wird, beispielsweise durch Materialabtrag, z. B. mittels Elektropolieren, oder durch Aufbringen einer oder mehrerer Schichten. Die Nachbearbeitung führt zu einer erhöhten Lebensdauer und verbessert den Erhalt einer möglichst laminaren Strömung.

[0036] Bei der Fertigung des Bearbeitungskopfs wird besonders darauf geachtet, dass eine präzise koaxiale Anordnung der Teile 1, 40, 60, 80 gewährleistet ist. Dies ist u. a. erzielbar, indem die Abmessungen der durchgehenden Ausnehmung 32 des Halteteils 30 so auf das Kollimationsrohr 1 und das Verzweigungsteil 60 abgestimmt sind, dass das Kollimationsrohr 1 und das Verzweigungsteil 60 spielfrei in das Halteteil 30 eingesetzt sind. Ebenso ist eine spielfreie Verbindung zwischen Düse 40 und Verzweigungsteil 60 sowie zwischen Verzweigungsteil 60 und Fokussierrohr 80 vorsehbar. Dabei werden die Teile 1, 40, 60, 80 durch das Halteteil 30 positioniert und mittels der Zugschraube 10 und des Druckrings 20 am Halteteil 30 spielfrei montiert.

[0037] Die Geometrie des Kollimationsrohrs 1 und der Düse 40 ist so wählbar, dass eine metallische Abdichtung zwischen dem Kollimationsrohr 1 und der Düse 40 mit reduziertem Kraftaufwand bereitstellbar ist (vgl. die Kontaktierung der Flächen 4 und 42a in Fig. 9).

[0038] Der Bearbeitungskopf setzt sich aus mehreren Teilen zusammen, hier aus Düse 40, Verzweigungsteil 60, Einlassstutzen 70 und Fokussierrohr 80, wobei das Verzweigungsteil 60 als Hauptverbindungselement dient. Um eine verbesserte Koaxialität der Teile zu gewährleisten, ist das Fokussierrohr 80 zum Beispiel durch Kleben oder Aufschrumpfen in das Verzweigungsteil 60 eingesetzt.

[0039] In Fig. 10 ist der seitliche Versatz Δ angedeutet, welches die Abweichung der Achse 82, um welche der Kanal 81b des Fokussierrohrs 80 verläuft, von der Achse 52 andeutet, um welche der Kanal 51 des Düsensteins 50 verläuft. Diese Achse 52 geht durch den Mittelpunkt, um welchen der Auslass 51c des Kanals 51 kreisförmig

mit Radius R verläuft. Je kleiner der Versatz Δ , desto genauer ist die koaxiale Anordnung des Fokussierrohrs 80 in Bezug auf den Düsenstein 50. Typischerweise ist Δ kleiner als R, bevorzugt kleiner als R/2 und/oder kleiner als 20 Mikrometer, bevorzugt kleiner als 15 Mikrometer, besonders bevorzugt kleiner als 10 Mikrometer. Nebst einem genügend kleinen Versatz Δ sind die Achsen 52 und 82 möglichst parallel zueinander ausgerichtet, so dass im Betrieb der aus dem Düsenstein 50 austretende Strahl 55 nicht auf die Wandung des Kanals 81b im Fokussierrohr 80 trifft.

[0040] Die Geometrie und die Oberflächengüte der Bohrung 81 des Fokussierrohrs 80 sind bei der Fertigung durch weitere Bearbeitungsschritte verbesserbar. Beispielsweise kann nach dem Bohren weiteres Material abgetragen werden, z. B. durch Honen oder Grandieren, und/oder die Oberfläche kann beschichtet werden. Dadurch ist u. a. das Erosionsverhalten gegenüber herkömmlichen Fokussierrohren verbesserbar, so dass ein Abbau der Rauheit der Wandung weniger stark auftritt und der Betrieb verlängert ist, bei welchem der Durchmesser sowie die Rundheit (d.h. Kreisförmigkeit im Querschnitt) des Fokussierrohrs 80 genau definiert bleiben. Insgesamt ist ein Fokussierrohr 80 bereitstellbar, welches Teil eines Werkzeugs mit im Wesentlichen konstanter Genauigkeit über einen längeren Zeitraum bildet.

[0041] Das Verzweigungsteil 60 dient nebst dem Positionieren der Teile 40, 70, 80 dazu, Abrasivpartikel in den Flüssigkeitsstrahl einzubringen. Die Zwischenbohrung 64 dient als Beifügekammer, in welcher das Abrasivmaterial dem Flüssigkeitsstrahl 55 beigefügt wird. Die Verteilung bzw. Positionierung der Abrasivpartikel sowie deren Beschleunigung sind durch Wahl folgender Größen anpassbar (vgl. Fig. 13):

- Innendurchmesser a der Zwischenbohrung 64,
- Abstand b von der Mittelachse der Querböhrung 65 zum einlassseitigen Ende der Zwischenbohrung 64,
- Länge c der Zwischenbohrung 64,
- Winkel α zwischen den Mittelachsen der Zwischenbohrung 64 und der Querböhrung 65.

[0042] Weiteren Größen sind durch den Innendurchmesser d des Fokussierrohrs 80 im Kanal 81b, der Durchmesser e des Eingangsabschnitts 81a beim Einlass sowie der Winkel β des Konus des Eingangsabschnitts 81a gegeben (vgl. Fig. 14).

[0043] Vorzugsweise haben die Größen a, d, e, α , β z.B. folgende Verhältnisse bzw. Werte:

- Das Verhältnis d:a beträgt mindestens 1:20 und/oder höchstens 1:10.
- Die Grösse a ist kleiner als die Grösse e gewählt.
- Der Winkel α beträgt mindestens 10 Grad und/oder höchstens 90 Grad.
- Der Winkel β ist kleiner als 40 Grad, bevorzugt kleiner als 30 Grad.

[0044] Die Oberflächengüte der Zwischenbohrung 64 im Verzweigungsteil 60 ist durch weitere Bearbeitungsschritte verbesserbar, sodass ein besonders störungsfreier Fluss der Abrasivpartikel erreichbar ist. Beispielsweise kann bei der Fertigung nach dem Bohren weiteres Material abgetragen werden, z. B. durch Honen, und/oder die Oberfläche kann beschichtet werden, z. B. mit einer hydrophoben Beschichtung.

[0045] Die Düse 40 ist so auslegbar, dass ein kohärenter Strahl aus Flüssigkeit ausgebildet wird in Form eines harten Kernstrahls mit geringer Tropfenbildung. Dies ist u. a. durch eine geeignet ausgebildete Kante des Einlasses in den Kanal 51 erreichbar. Beispielsweise ist die Kante 51a mit einem Radius ρ abgerundet, der kleiner als 5 Mikrometer gewählt ist, bevorzugt kleiner als 2 Mikrometer. Das Verhältnis des Radius ρ zum Innendurchmesser, 2R, des Kanalteils 51b (vgl. Fig. 10) liegt typischerweise im Bereich 0.01 bis 0.03, bevorzugt im Bereich 0.0125 bis 0.025. Ist eine abgeschrägte Kante 51a' oder teilweise abgeschrägte Kante 51a" vorgesehen, so ist der Winkel γ bzw. γ' typischerweise grösser als 45 Grad, bevorzugt grösser als 50 Grad, z.B. 60 Grad.

[0046] Im Betrieb wird die der Düse 40 zugeführte Flüssigkeit, z. B. Wasser komprimiert, wobei sie sich beim Einlass 51a, 51a', 51a" von der Kante ablöst und einen engen Strahl 55 ausbildet, der sich nachfolgend nur im reduzierten Mass aufweitet.

[0047] Um die Gefahr einer Kavitation zu verhindern, ist im Betrieb ein gasförmiges Mittel, z. B. Luft, zum unteren Bereich der Düse 40 zuführbar, von wo aus es sich möglichst symmetrisch um den Strahl 55 verteilt, wie dies durch die Pfeile 56 in Fig. 10 angedeutet ist. Die stufenartige Ausbildung des Kanals 44 verhindert dabei ein Komprimieren des zugeführten Mittels.

[0048] Die Zufuhr des Mittels kann passiv erfolgen, z. B. via den Einlassstutzen 70, über welchen nebst dem Abrasivmaterial auch Luft einleitbar ist. Es kann auch z. B. in der Düsenhalterung 41 eine Bohrung vorgesehen werden, welche von aussen bis zum Kanal 44 reicht und ein gezieltes, externes Einleiten eines gasförmigen Mittels ermöglicht.

[0049] Der Düsenstein 50 kann zusätzlich beschichtet sein, z. B. mit einer hydrophoben Schicht, um Ablagerungen zu verhindern.

[0050] Um zu gewährleisten, dass der Durchmesser des Kanals, über welchen das Abrasivmaterial zugeführt wird, in der Form und Lage gleich bleibt, ist die Zwischenbohrung 64 durch den Einlassstutzen 70 mittels Verbindung (z. B. durch ein Gewinde) im Halteteil 30 radial positioniert. Abgedichtet wird die Verbindung z. B. mittels Dichtring (siehe Bezugszeichen 71 in Fig. 1).

[0051] Im Betrieb der Bearbeitungsvorrichtung gelangt der Flüssigkeitsstrahl aus der Düse 40 in die Kammer 64, wo das Abrasivmaterial beigefügt und zum Fokussierrohr 80 weitergeleitet wird, so dass es überwiegend zwischen Fokussierrohrwand und Flüssigkeitsstrahl angeordnet ist. Der Eingangsabschnitt 81a ist dabei genügend lang gewählt, um das Abrasivmaterial entspre-

chend in den Kanal 81b einzuleiten und ein Hin- und Her-Prallen im Fokussierrohr 80 zu vermeiden.

[0052] Insgesamt wird im Gegensatz zu den üblichen Bearbeitungsvorrichtungen Abrasivmaterial und Flüssigkeit weniger stark durchmischt. Der in der Düse 40 gebildete kohärente Flüssigkeitsstrahl bleibt weitgehend erhalten und wird vom Abrasivmaterial, vereinfacht gesagt, umhüllt. Es ist dadurch ein besser definierter Bearbeitungsstrahl erzeugbar, der eine präzise Bearbeitung ermöglicht.

[0053] Dies wird auch dadurch unterstützt, indem die Menge an zugeführtem Abrasivmaterial an den Massenstrom der Flüssigkeit angepasst ist. Im Folgenden definieren

- m_F (z. B. in Einheiten von Gramm pro Minute):

Massenstrom der aus Bearbeitungskopf austretenden Flüssigkeit,

- m_A (z. B. in Einheiten von Gramm pro Minute):

Menge an Abrasivmaterial, welche pro Zeiteinheit aus dem Bearbeitungskopf austritt.

[0054] Zur Festlegung des Massenverhältnisses m_A/m_F sind eine oder mehrere der folgenden Parameter zu berücksichtigen:

- Viskosität der Flüssigkeit
- Grösse der Abrasivpartikel
- Form der Abrasivpartikel
- Druck der Flüssigkeit
- Innendurchmesser und Länge des Fokussierrohrs
- Gasgemisch, z. B. Luft
- Reibungsverlust im Fokussierrohr

[0055] In einer Anwendung werden z. B. Abrasivpartikel verwendet, mit einer Korngrößenverteilung, deren Median bei einem Korngrössendurchmesser liegt, der kleiner als $d/3$ ist, wobei d der Innendurchmesser des Fokussierrohrs 80 ist.

[0056] Die einzustellende Grösse m_A bzw. m_F ist z. B. softwaretechnisch anhand von mathematischen Modellen berechenbar. Es ist auch denkbar, dass die Bearbeitungsvorrichtung die Werte aus Tabellen liest oder aus einer externen Datenbank bezieht, auf welche via Internet oder einem anderen Netzwerk zugreifbar ist. Es ist auch ein manuelles Einstellen denkbar.

[0057] Versuche haben gezeigt, dass das Verhältnis m_A/m_F so zu wählen ist, dass es einen bestimmten Schwellenwert nicht übersteigt. Typischerweise ist m_A/m_F kleiner als 0.3, bevorzugt kleiner als 0.25 und besonders bevorzugt kleiner als 0.2. Z.B. liegt das Verhältnis m_A/m_F im Bereich von 0.1 bis 0.18. Im Gegensatz zu den üblichen Bearbeitungsvorrichtungen ist hier die Energieübertragung von der Flüssigkeit auf das Abrasivmaterial reduziert.

[0058] Um einen besonders präzisen Bearbeitungsstrahl zu erhalten können weitere Parameter und Massnahmen berücksichtigt werden:

- Abrasivmaterial:

- Korngrößenverteilung
- Kernfeuchte sowie Temperatur
- Berücksichtigung der statischen Aufladung

10

- Flüssigkeit:

Die Flüssigkeit kann so aufbereitet werden, dass Ablagerungen insbesondere an der Düse 40 verhindert werden, z. B. in Form kristallisierter Gase. Wird z. B. Wasser als Flüssigkeit eingesetzt, ist eine Aufbereitung denkbar, bei welchem es nach dem Enthärten belüftet wird, so dass die Kohlensäure entweichen kann.

15

20

[0059] Fig. 15 zeigt schematisch die Verteilung von Flüssigkeit und Abrasivmaterial im Kanal 81b des Fokussierrohrs 80. Die horizontale Achse entspricht dem Abstand von der Mitte in radialer Richtung, die vertikale Achse entspricht dem Massenstrom m_F bzw. m_A . Die Kurve 83 zeigt die radiale Verteilung von m_F . Wie ersichtlich, ist die Flüssigkeit im Kernbereich B1 konzentriert und weitgehend von der Wandung des Fokussierrohrs 80 beabstandet. Die Kurve 84 zeigt die radiale Verteilung von m_A . Wie ersichtlich, ist das Abrasivmaterial weitgehend in einem Übergangsbereich B2 angeordnet, der sich zwischen dem Kernbereich B1 und der Wandung des Fokussierrohrs 80 befindet.

25

30

35

[0060] Um einen möglichst runden Bearbeitungsstrahl zu erhalten, werden somit im Betrieb die Abrasivpartikel am Innendurchmesser des Fokussierrohrs 80 platziert und beschleunigt. Die Vorrichtung ist so ausgelegt, dass nur Tropfen aus der Randschicht des durch die Düse 40 gebildeten Fluidstrahls durch das eintretende Abrasivmaterial abgelöst werden. Der harte Kernstrahl bleibt weitgehend erhalten. Nur in der Randschicht ist ein Abrasiv-Fluid-Gemisch. Die Ursache für das Ablösen ist der Geschwindigkeitsunterschied zwischen Abrasiv und Fluidstrahl. Die anfänglich praktisch ruhenden Abrasivpartikel werden dabei durch den Fluidstrahl beschleunigt. Die zugeführte Abrasivmenge benötigt nur einen Teil der Energie des Fluidstrahls. Dadurch bleibt der harte Kernstrahl erhalten und zwingt die Abrasivpartikel an die Bohrungswand des Fokussierrohrs. Durch das gezielte Positionieren der Abrasivpartikel wird eine klar definierte Werkzeuggeometrie möglich.

40

45

50

[0061] Versuche haben gezeigt, dass sich der aus dem Fokussierrohr 80 austretende Bearbeitungsstrahl 90 nach kurzer Strecke trompetenförmig öffnet, wie dies in Fig. 16 angedeutet ist. Bei der Bearbeitung wird daher der Abstand A zwischen Fokussierrohr 80 und Werkstückoberfläche 91 so gewählt, dass er einen bestimmten Schwellenwert nicht überschreitet. Typischerweise

55

ist $A < 1$ mm, z. B. bei 0.5 mm.

[0062] Aus der vorangehenden Beschreibung sind dem Fachmann zahlreiche Abwandlungen zugänglich, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen, der durch die Ansprüche definiert ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bearbeiten eines Werkstücks mittels eines aus einem Fokussierrohr (80) austretenden Abrasivflüssigkeitsstrahls, wobei beim Verfahren in einer Düse (40) ein Flüssigkeitsstrahl (55) gebildet wird, der in einer nachfolgenden Kammer (64) eingeleitete Abrasivpartikel beschleunigt, **dadurch gekennzeichnet, dass** Flüssigkeitsstrahl und Abrasivpartikel aus der Kammer (64) in einen Kanal (81) des Fokussierrohrs geleitet werden, so dass sich innerhalb des Kanals ein Kernbereich (B1), in welchem sich die Flüssigkeit konzentriert befindet, und zwischen Kernbereich und Rand des Kanals ein Übergangsbereich (B2) ausbilden, in welchem sich die Abrasivpartikel konzentriert befinden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Flüssigkeit und Abrasivpartikel so in die Kammer (64) zugeführt werden, dass das Verhältnis der Masse an Abrasivpartikeln (m_A) zur Masse an Flüssigkeit (m_F), welche pro Zeiteinheit aus dem Fokussierrohr (80) austreten bzw. austritt, unterhalb eines Schwellenwerts liegt, vorzugsweise liegt das Verhältnis unterhalb mindestens einem der folgenden Werte: 0.3, 0.25, 0.2.

3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zum Erzeugen des Abrasivflüssigkeitsstrahls ein Bearbeitungskopf bereitgestellt wird, welcher als Komponenten umfasst:

- ein Kollimationsrohr (1),
- die Düse (40), welche fluidisch mit dem Kollimationsrohr verbunden ist,
- ein Verzweigungsteil (60), welches die Kammer (64) zum Beifügen der Abrasivpartikel umfasst, und
- das Fokussierrohr (80),

wobei in mindestens einer der Komponenten (1, 40, 60, 80) ein Kanal (2, 51, 64, 81) zum Durchleiten der Flüssigkeit gebohrt und zur Reduzierung der Oberflächenrauigkeit nachbearbeitet wird durch mindestens eines der folgenden Bearbeitungsverfahren:

- durch Materialabtrag, insbesondere durch Honen, Grandieren, Elektropolieren,
- durch Auftrag mindestens einer Schicht, insbesondere hydrophoben Schicht.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche

che, wobei während der Bearbeitung das Werkstück mittels Haltemitteln (6c) an eine Werkstückauflage (6b) gedrückt wird und/oder der Abstand (A) zwischen der Austrittsöffnung des Fokussierrohrs (80) und der Werkstücksoberfläche (91) kleiner als 1 mm, bevorzugt kleiner als 0.7 mm ist.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Düse (40) einen Düsenstein (50) umfasst, der eine Bohrung (51) mit einem Auslass (51c) aufweist, der kreisförmig um einen Mittelpunkt mit Radius R verläuft, und der Kanal (81) des Fokussierrohrs (80) rotationssymmetrisch um eine Achse (82) verläuft, wobei zur coaxialen Anordnung des Düsensteins und des Fokussierrohrs der seitliche Versatz (Δ) zwischen Mittelpunkt und Achse kleiner als 20 Mikrometer ist, bevorzugt kleiner als 15 Mikrometer, besonders bevorzugt kleiner als 10 Mikrometer.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die der Düse (40) zugeführte Flüssigkeit Wasser ist, welches aufbereitet wird durch Enthärten und Belüften, sodass die Kohlensäure entweichen kann.

7. Vorrichtung zum Bearbeiten eines Werkstücks mittels eines aus einem Fokussierrohr (80) austretenden Abrasivflüssigkeitsstrahls, umfassend

- ein Kollimationsrohr (1) zur Zufuhr und Strömungsberuhigung einer Flüssigkeit,
- eine Düse (40) zur Bildung eines Strahls aus der Flüssigkeit,
- eine mit dem Fokussierrohr (80) verbundene Kammer (64) zum Beifügen von Abrasivpartikeln zum Flüssigkeitsstrahl,
- eine Dosiereinrichtung (7) zum Zuführen von Abrasivpartikeln in die Kammer (64) und
- eine Steuerung (8) zum Ansteuern der Zufuhr von Flüssigkeit und Abrasivpartikeln in die Kammer (64), so dass das Verhältnis der Masse an Abrasivpartikeln zur Masse an Flüssigkeit, welche pro Zeiteinheit aus dem Fokussierrohr austreten bzw. austritt, unterhalb eines vorbestimmten Schwellenwerts liegt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei das Verhältnis unterhalb mindestens einem der folgenden Werte liegt: 0.3, 0.25, 0.2.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7-8, wobei die Düse (40) einen Düsenstein (50) umfasst, der einen Einlass (51a, 51a', 51a'') aufweist, der in einen Kanal (51b) übergeht, der einen kreisförmigen Querschnitt mit Radius R aufweist, wobei der Einlass eine der folgenden Formen umfasst:

- der Einlass (51a) ist mit einem Radius ρ abge-

- rundet, sodass das Verhältnis $\rho/2R$ mindestens 0.01, bevorzugt mindestens 0.0125 beträgt, und/oder höchstens 0.03, bevorzugt höchstens 0.025 beträgt,
- der Einlass weist eine abgeschrägte Kante (51a') auf, wobei der Winkel (γ) zwischen der Kante und der Senkrechten auf der einlassseitigen Fläche (50a) des Düsensteins (50) grösser als 45 Grad ist, bevorzugt grösser als 50 Grad,
 - der Einlass weist ein Profil (51a'') auf, welches einen runden und einen geraden Abschnitt aufweist, wobei der Winkel (γ') zwischen der Senkrechten auf der einlassseitigen Fläche (50a) des Düsensteins (50) und der Geraden, welche durch die beiden Endpunkte des Profils (51a'') verläuft, grösser als 45 Grad ist, bevorzugt grösser als 50 Grad.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7-9, wobei die Düse (40) einen Düsenstein (50) umfasst, der eine Bohrung (51) mit einem Auslass (51c) aufweist, der kreisförmig um einen Mittelpunkt mit Radius R verläuft, und der Kanal (81) des Fokussierrohrs (80) rotationssymmetrisch um eine Achse (82) verläuft, wobei zur coaxialen Anordnung des Düsensteins und des Fokussierrohrs der seitliche Versatz (Δ) zwischen Mittelpunkt und Achse kleiner als 20 Mikrometer ist, bevorzugt kleiner als 15 Mikrometer, besonders bevorzugt kleiner als 10 Mikrometer.
 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7-10, wobei die Endfläche (4) des Kollimationsrohrs (1) an die Düse (40) gepresst ist zur Bildung einer metallischen Abdichtung.
 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7-11, wobei das Fokussierrohr (80) einen Kanal (81) mit einem konischen Eingangsabschnitt (81a) aufweist, wobei der Konus einen Winkel (β) von kleiner als 40 Grad, bevorzugt kleiner als 30 Grad aufweist.
 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7-12, wobei die Düse (40) eine Halterung (41) zum Halten eines Düsensteins (50) umfasst, wobei die Halterung einen Kanal (44) aufweist, der sich aufweitend ausgebildet ist, indem mindestens zwei Kanalabschnitte (44a, 44c) mit unterschiedlichem Innendurchmesser vorgesehen sind.
 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7-13, welche ein Halteteil (30) umfasst, in welchem das Kollimationsrohr (1) endet und in welchem ein Verzweigungsteil (60) mit der Kammer (64) zum Beifügen der Abrasivpartikel angeordnet ist, wobei ein Einlassstutzen (70) am Halteteil befestigt ist und im Verzweigungsteil endet.
 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7-14, wobei ein bzw. das Halteteil (30) ein erstes Aussengewinde (34) und das Kollimationsrohr (1) ein zweites Aussengewinde (3) aufweisen, wobei das Kollimationsrohr im Halteteil endet und die beiden Aussengewinde axial versetzt zueinander angeordnet und miteinander verschraubt sind, vorzugsweise mittels eines Verschraubungsteils (10), welches ein erstes Innengewinde (14) aufweist und in welches ein Druckring (20) mit einem zweiten Innengewinde (23) aufgenommen ist
 16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7-15, mit einem Verzweigungsteil (60), welches die Kammer (64) zum Beifügen der Abrasivpartikel umfasst, wobei mindestens eine der Komponenten Kollimationsrohr (1), Düse (40), Verzweigungsteil (60) und Fokussierrohr (80) einen gebohrten Kanal (2, 51, 64, 81) zum Durchleiten der Flüssigkeit aufweist, dessen Fläche nachbereitet ist, sodass sie glatter ist als eine Fläche der Komponente, welche nicht zum Durchleiten der Flüssigkeit ausgelegt ist.
 17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7-16, mit einem Maschinenbett (6) aus Mineralguss.
 18. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 und/oder der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 17 zum Bearbeiten von Werkstücken, insbesondere zu mindestens einem der folgenden Zwecke:

Schneiden, Bohren, Strukturieren und/oder Verdichten der jeweiligen Werkstücksoberfläche (91).

FIG. 1

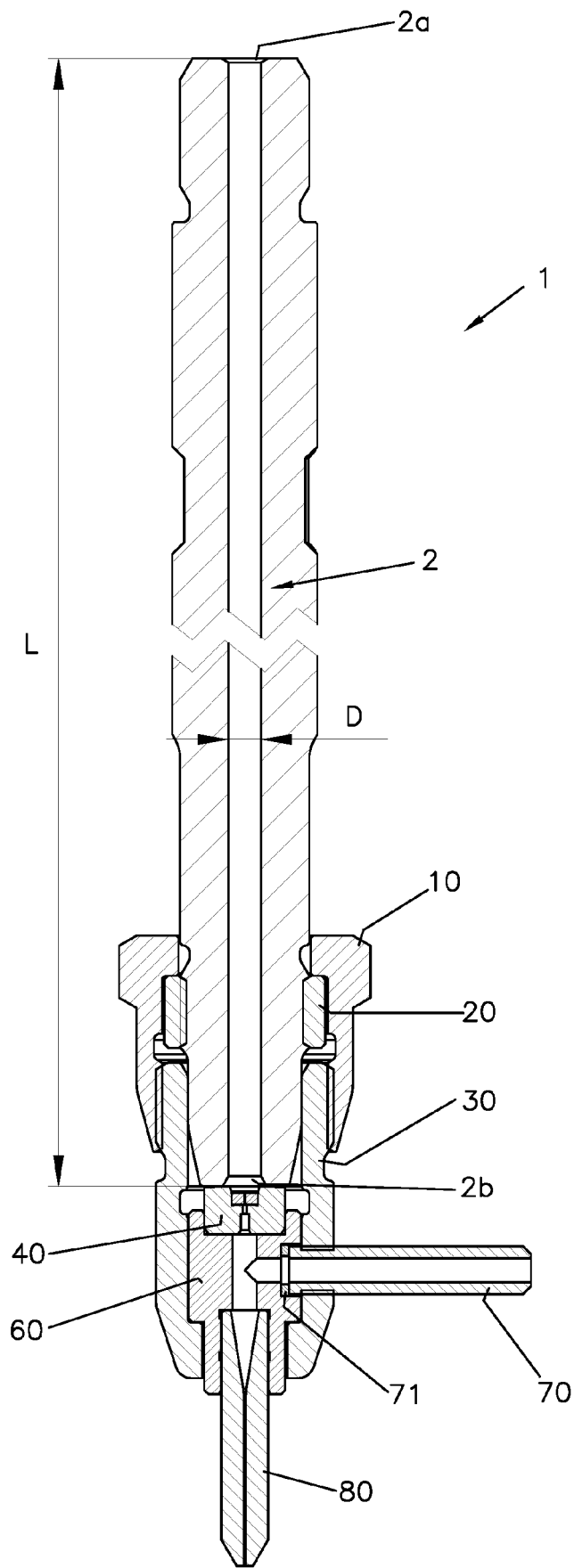


FIG. 2

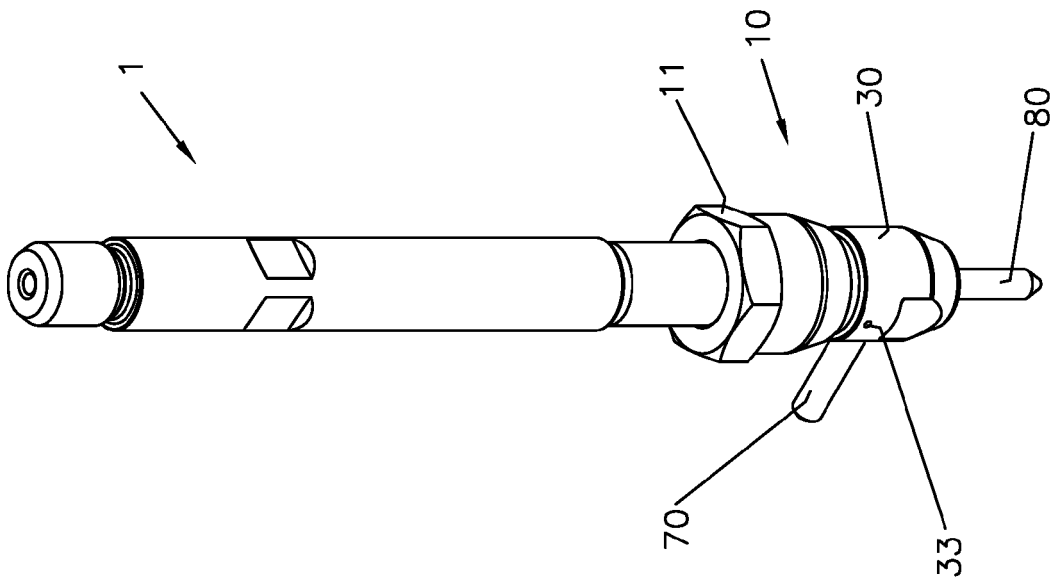


FIG. 3

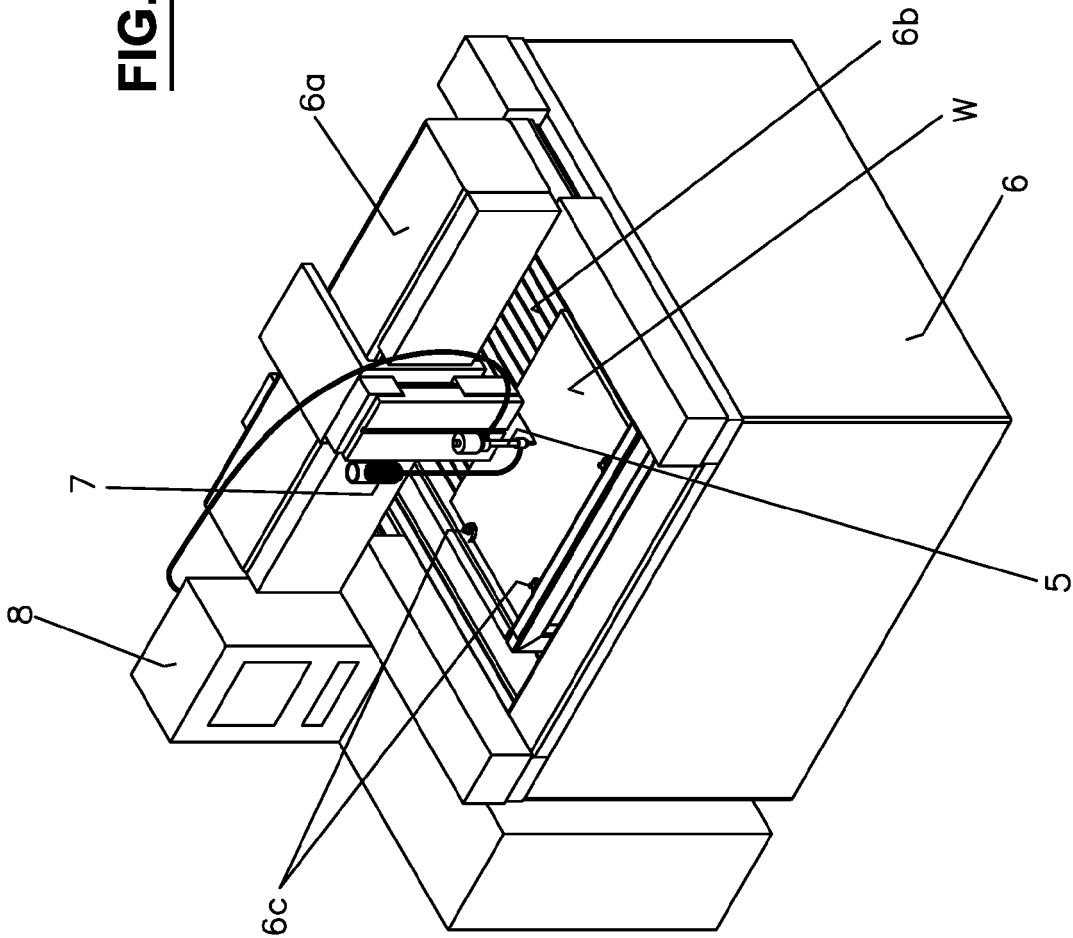


FIG. 4

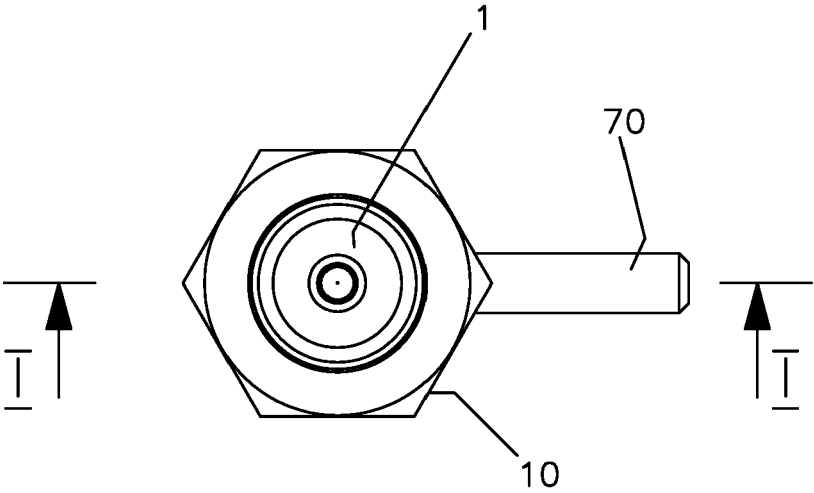


FIG. 5

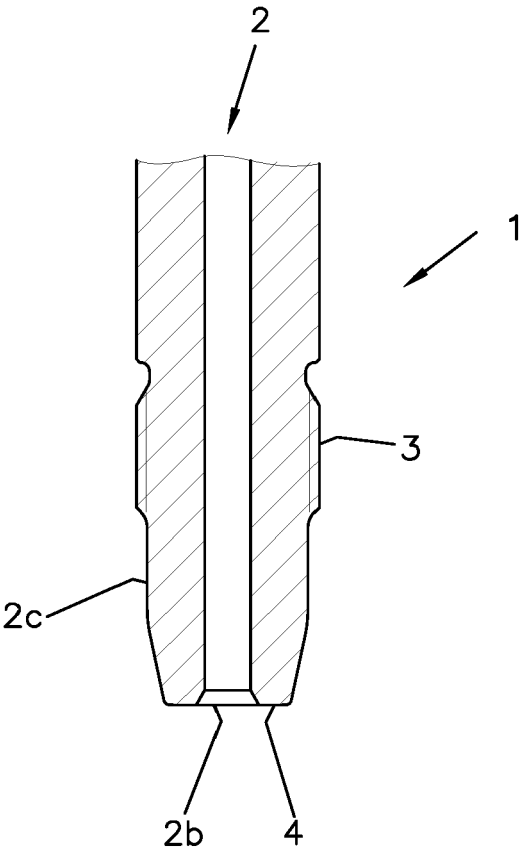


FIG. 6

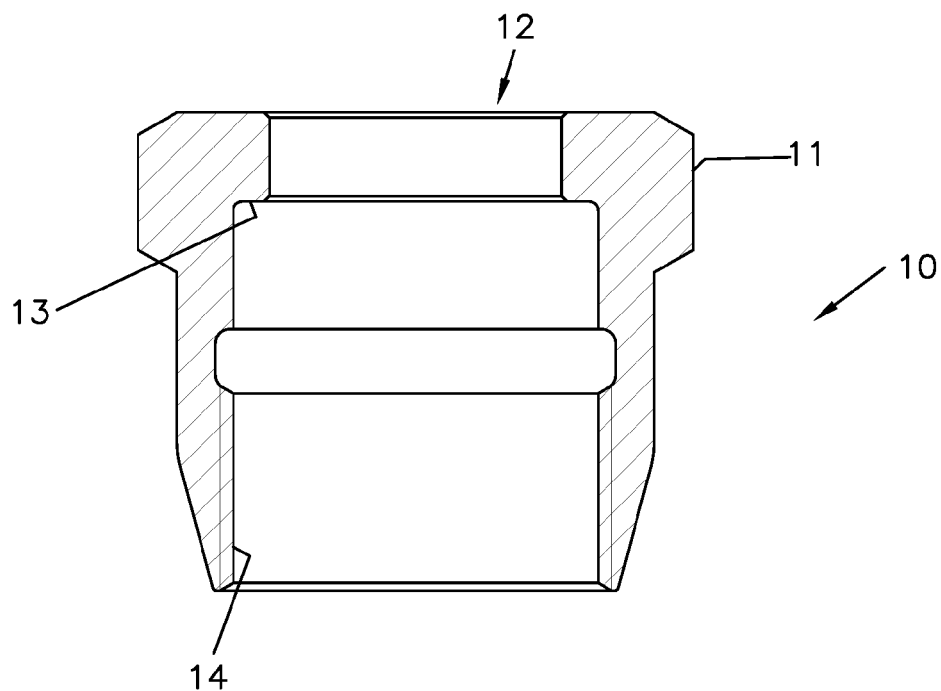


FIG. 7

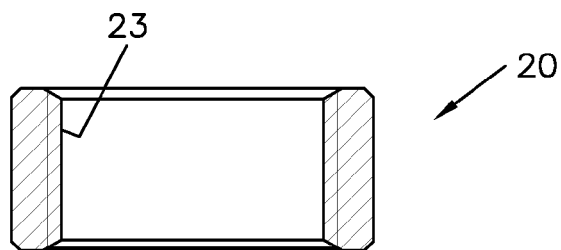


FIG. 8

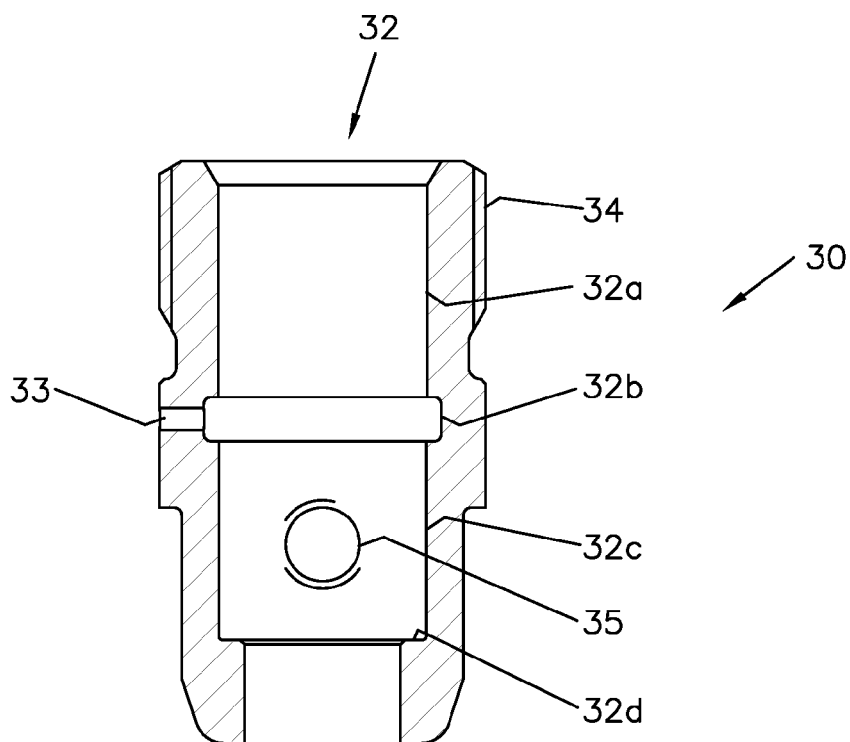


FIG. 9

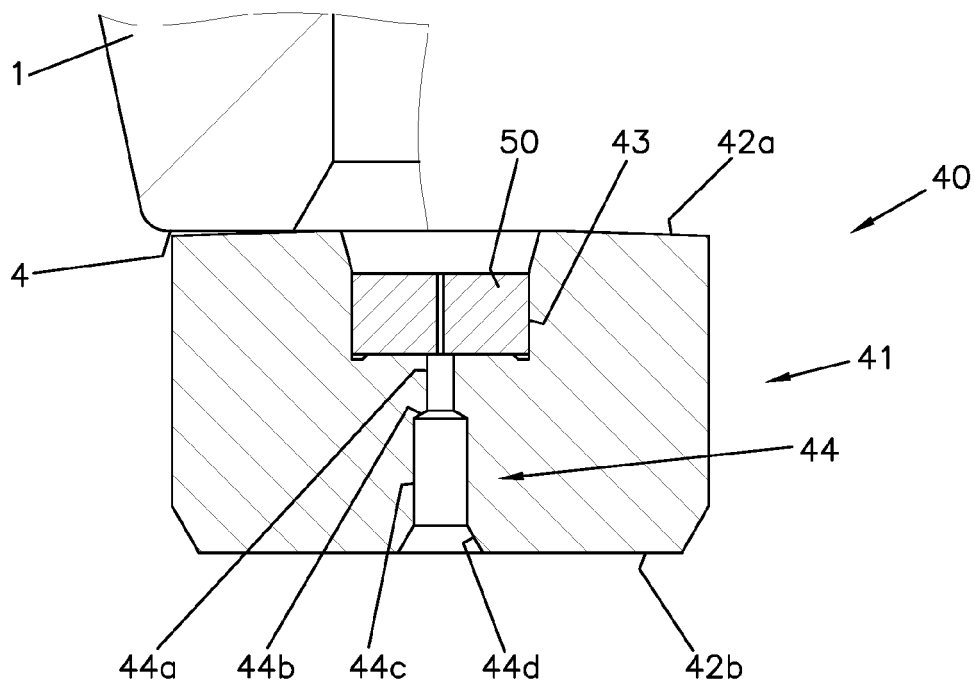


FIG. 10

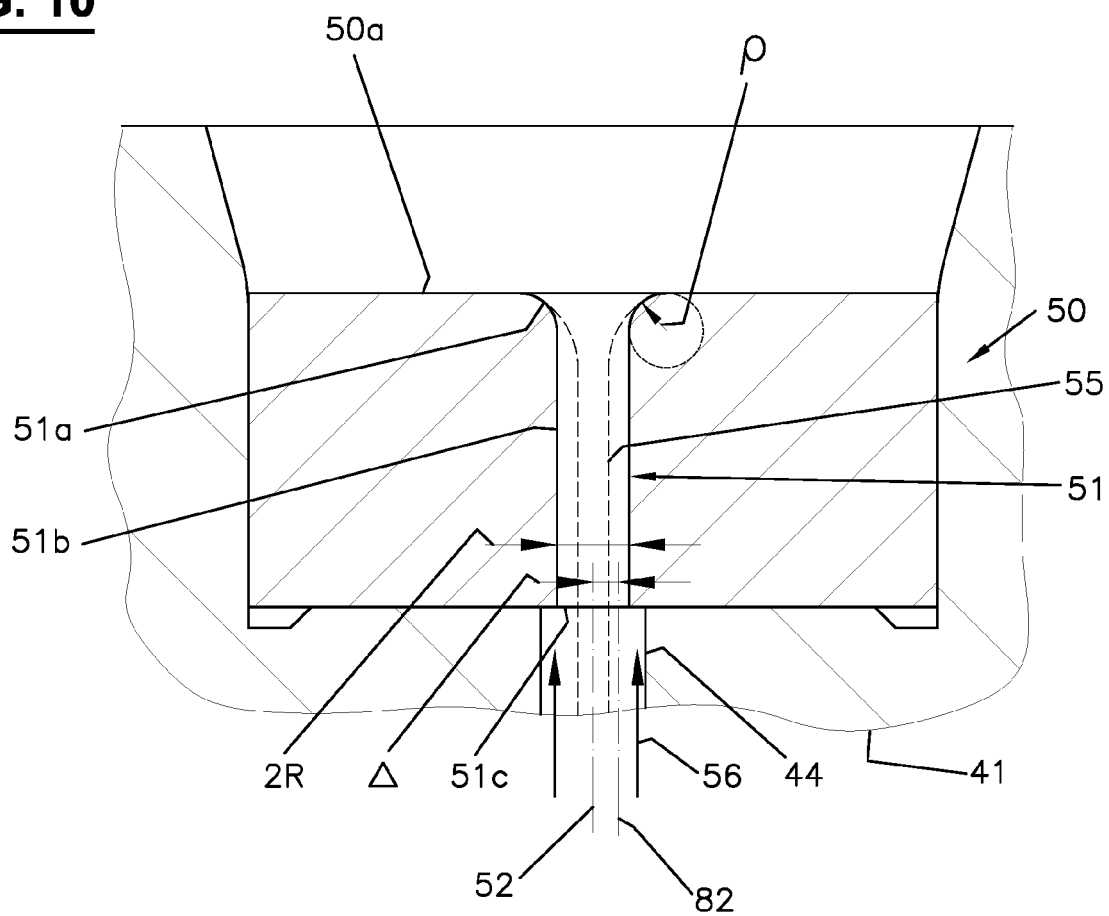


FIG. 11

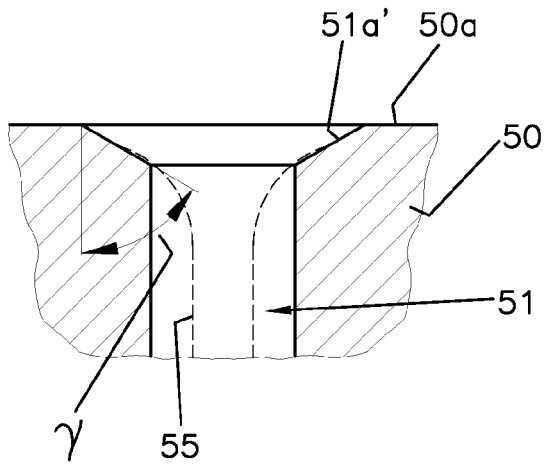


FIG. 12

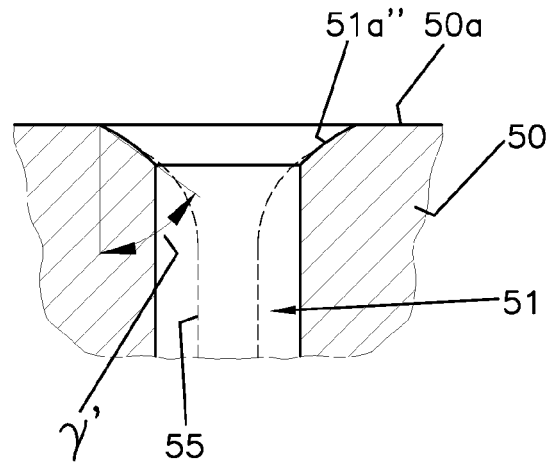


FIG. 13

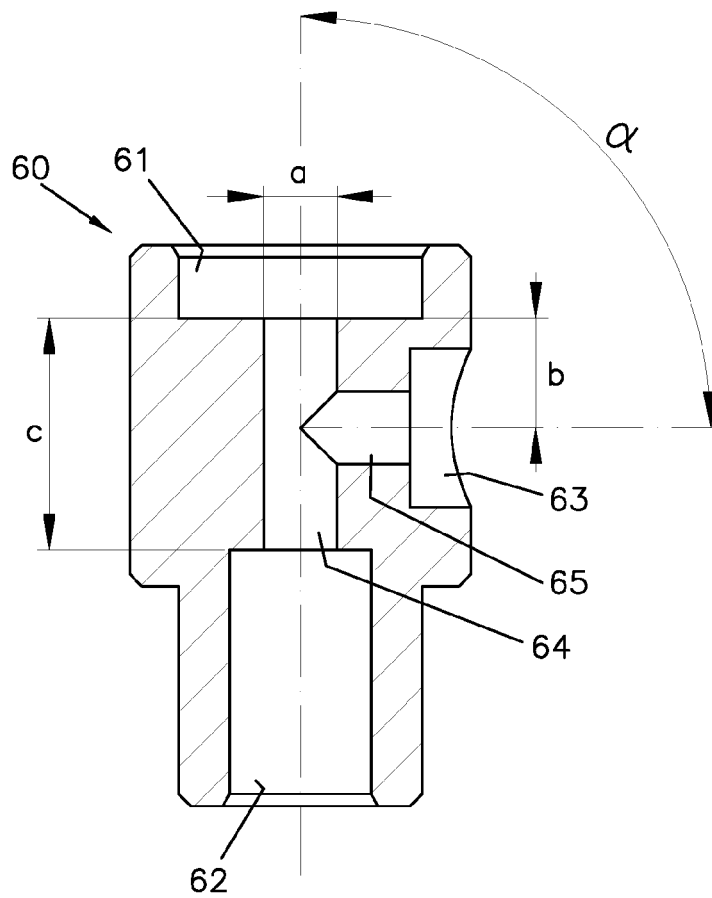


FIG. 14

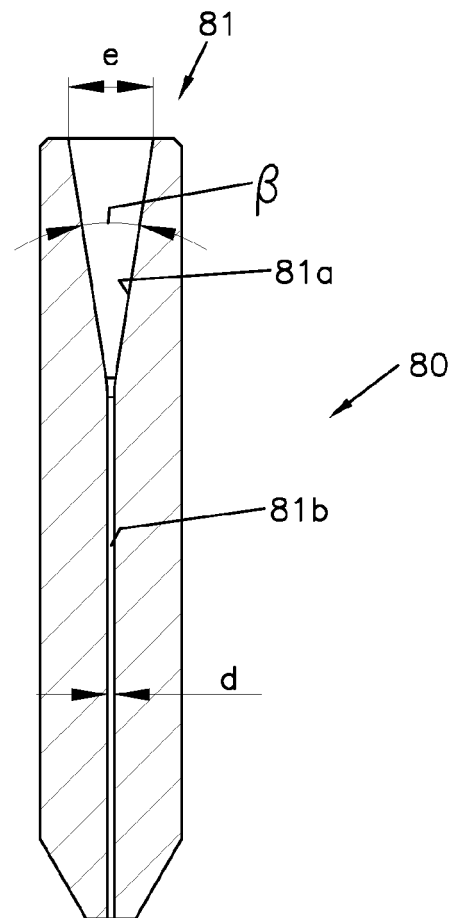
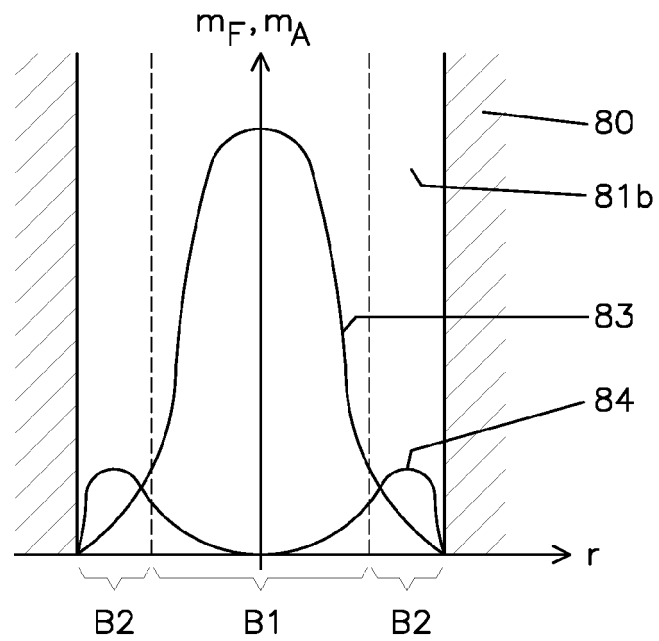
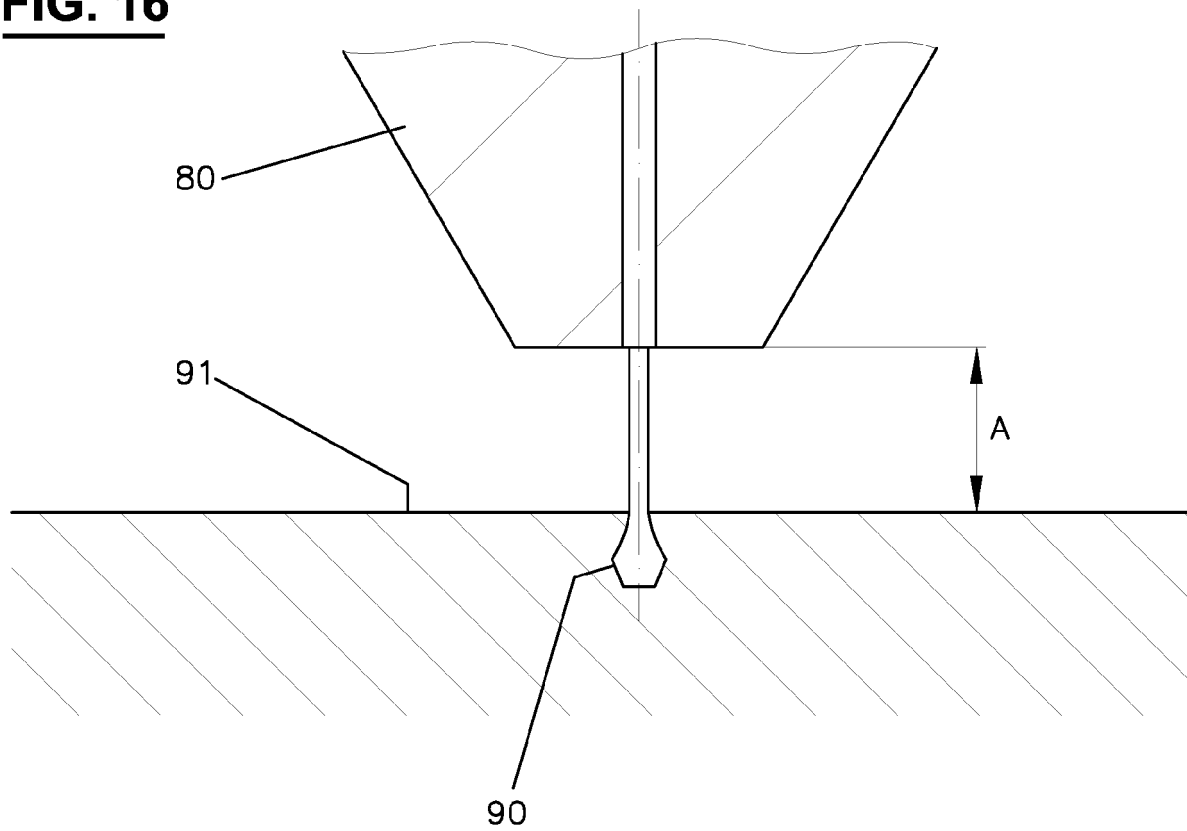


FIG. 15**FIG. 16**



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 16 7569

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 196 40 921 C1 (SAECHSISCHE WERKZEUG UND SONDE [DE]) 27. November 1997 (1997-11-27)	1-6,18	INV. B24C7/00 B24C5/04
Y	* Spalte 1, Zeile 41 - Zeile 51; Abbildung 1 *	7-14,16,17	
X	----- US 2015/321316 A1 (JANITSCHKE PAULUS ANTONIUS JACOBUS [DE]) 12. November 2015 (2015-11-12) * Absätze [0029], [0042]; Abbildungen 7,8 *	1	
X	----- US 4 817 342 A (MARTIN R CRAIG [US] ET AL) 4. April 1989 (1989-04-04) * Spalte 6, Zeile 42 - Spalte 7, Zeile 3; Abbildung 2 *	1	7-14,16,17 2,3
Y	----- US 7 108 585 B1 (DORFMAN BENJAMIN F [US] ET AL) 19. September 2006 (2006-09-19) * Spalte 6, Zeile 41 - Spalte 44 *	7-14,16,17 2,3	
A	* Spalte 8, Zeile 31 - Zeile 39 *		
Y	----- WO 2008/032272 A2 (ELEMENT SIX B V [NL]; DONALD HEATHER JUNE [ZA]; PELS GERRIT JAN [NL];) 20. März 2008 (2008-03-20) * Ansprüche 19,23,26,27,30; Abbildung 5 *	9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B24C
Y	----- US 7 922 566 B2 (KMT WATERJET SYSTEMS INC [US]) 12. April 2011 (2011-04-12) * Spalte 4, Zeile 36 - Zeile 57; Abbildungen 2,3,21,22 *	10,11,13	
A	* Spalte 9, Zeile 66 - Spalte 10, Zeile 41 *	5	
A	----- DE 35 16 103 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 6. November 1986 (1986-11-06) * Seite 7, Absatz 4; Abbildungen 4,5 *	1	
		-/--	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 26. September 2017	Prüfer Carmichael, Guy
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)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 16 7569

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)
A	DE 44 22 769 A1 (RIDDER HEINRICH GEORG [DE]) 4. Januar 1996 (1996-01-04) * Spalte 1, Zeile 40 - Zeile 45 *	2,7	
A	US 9 156 133 B2 (MILLER DONALD [GB]; FINEPART SWEDEN AB [SE]) 13. Oktober 2015 (2015-10-13) * Spalte 3, Zeile 4 - Zeile 11 * * Spalte 4, Zeile 34 - Zeile 40 * * Spalte 4, Zeile 50 - Zeile 56 * * Spalte 10, Zeile 65 - Spalte 11, Zeile 11 * * Spalte 11, Zeile 48 - Zeile 50 *	3,4,9	
A	US 2017/008152 A1 (MILLER DONALD STUART [GB]) 12. Januar 2017 (2017-01-12) * das ganze Dokument *	3	
A	EP 0 221 236 A1 (FLOW IND INC [US]) 13. Mai 1987 (1987-05-13) * Spalte 2, Zeile 28 - Zeile 41 *	5	
A	EP 0 810 038 A2 (INGERSOLL RAND CO [US]) 3. Dezember 1997 (1997-12-03) * Spalte 2, Zeile 41 - Zeile 44 *	11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 26. September 2017	Prüfer Carmichael, Guy
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	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 17 16 7569

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.

26-09-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19640921 C1	27-11-1997	AT 214997 T	15-04-2002
		DE 19640921 C1	27-11-1997
		EP 0873220 A1	28-10-1998
		JP 2000502292 A	29-02-2000
		US 6012653 A	11-01-2000
		WO 9815385 A1	16-04-1998
US 2015321316 A1	12-11-2015	CN 104903054 A	09-09-2015
		EP 2906391 A1	19-08-2015
		US 2015321316 A1	12-11-2015
		WO 2014062057 A1	24-04-2014
US 4817342 A	04-04-1989	KEINE	
US 7108585 B1	19-09-2006	KEINE	
WO 2008032272 A2	20-03-2008	KEINE	
US 7922566 B2	12-04-2011	KEINE	
DE 3516103 A1	06-11-1986	KEINE	
DE 4422769 A1	04-01-1996	KEINE	
US 9156133 B2	13-10-2015	EP 2509750 A1	17-10-2012
		US 2012238188 A1	20-09-2012
		WO 2011070154 A1	16-06-2011
US 2017008152 A1	12-01-2017	CN 106132634 A	16-11-2016
		EP 3096922 A1	30-11-2016
		JP 2017507800 A	23-03-2017
		US 2017008152 A1	12-01-2017
		WO 2015110789 A1	30-07-2015
EP 0221236 A1	13-05-1987	AU 562771 B1	18-06-1987
		BR 8602675 A	14-10-1986
		CN 86101568 A	06-05-1987
		EP 0221236 A1	13-05-1987
		JP S62107976 A	19-05-1987
		ZA 8600829 B	29-10-1986
EP 0810038 A2	03-12-1997	DE 69727338 D1	04-03-2004
		DE 69727338 T2	04-11-2004
		EP 0810038 A2	03-12-1997
		US 5794858 A	18-08-1998

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

- US 8527084 B2 [0002]
- EP 2338653 B1 [0002]