



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 710 973 B1**

(51) Int. Cl.: **B23B 29/034** (2006.01)  
**B23B 29/12** (2006.01)

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 01247/15

(22) Anmeldedatum: 31.08.2015

(24) Patent erteilt: 31.10.2016

(45) Patentschrift veröffentlicht: 31.10.2016

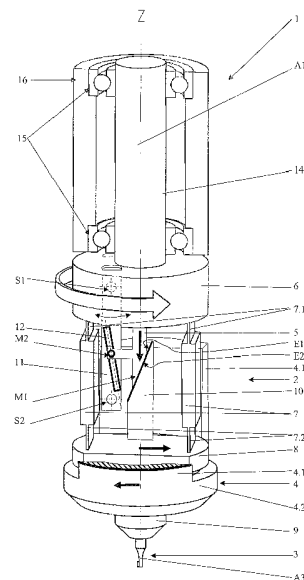
(73) Inhaber:  
Bumotec SA, Route du Rontet 17  
1625 Sâles (CH)

(72) Erfinder:  
Patric Pham, 1071 Chexbres (CH)

(74) Vertreter:  
Griffes Consulting SA, 81 route de Florissant  
1206 Genève (CH)

(54) **Spindel mit einem auslenkbaren Werkzeugkopf.**

(57) Die Erfindung betrifft eine Spindel (1) mit einem in Bezug auf eine Drehachse, d.h. Z-Achse (A1) der Spindel auslenkbaren Werkzeugkopf (2), in dem ein Bearbeitungswerkzeug (3) aufnehmbar ist, wobei erste Mittel (M1) zur radialen Verstellung des Werkzeuges während des Bearbeitungsvorganges vorhanden sind und der Werkzeugkopf erfindungsgemäss einen das Entstehen einer Unwucht vermeidenden Gewichtsausgleich in Form eines Gegengewichts (4) aufweist, welches entgegengesetzt zur Verstellung des Werkzeuges mittels zweiter Mittel (M2) radial verstellbar ist und dass die ersten Mittel zur radialen Verstellung des Werkzeuges und die zweiten Mittel zur radialen Verstellung des Gegengewichts gleichzeitig mittels einer entlang der Drehachse längsverstellbaren Betätigungsstange (5) betätigbar sind.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Spindel mit einem auslenkbaren Werkzeugkopf nach dem Oberbegriff des ersten Patentanspruchs.

**[0002]** Aus den Druckschriften EP 1 360 024 B1 und US 6 974 285 A1 sind Werkzeugköpfe mit einem Maschinenschaft und einem Werkzeugschaft bekannt, die eine gemeinsame Mittelachse aufweisen, wobei der Werkzeugschaft einen steifen Kern und einen von einer relativ dazu elastisch auslenkbaren Parallelfeder-Anordnung getragenen Kopf mit Werkzeug aufweist. An dem Kopf sind mehrere von diesem ausgehende, die Parallelfeder-Anordnung bildende Schenkel angeordnet, von denen mindestens einer am Kern oder Maschinenschaft befestigt ist, und eine Vorrichtung zur radialen Verstellung des Kopfes relativ zum Kern, umfassend eine im Kern geführte Stelleinrichtung mit Kegelteil, der an einem Kontaktteil der Parallelfeder-Anordnung im Einsatzfall unter Vorspannung anliegt, wobei der Kern mit der Parallelfeder-Anordnung einstückig ausgebildet ist.

**[0003]** Aus der Druckschrift DE 3 433 793 A1 ist ein umlaufender Bohrkopf mit Bohrspindel und einem quer zur Rotationsachse fein einstellbaren Werkzeugträger sowie mit einem in der Bohrspindel höhenverstellbar geführten, den Werkzeugträger quer zur Rotationsachse verschiebenden Keilträger und einem mit der Schräge des Keils des Keilträgers zusammenwirkenden Gleitkörper bekannt, wobei der Schwerpunkt des Werkzeugträgers so gegenüber der Rotationsachse versetzt angeordnet ist, dass die bei Rotation des Bohrkopfes auftretenden Fliehkräfte den Werkzeugträger gegen den Gleitkörper pressen.

**[0004]** In der Druckschrift DE 9 107 759 U1 wird ein Werkzeugkopf, insbesondere in Form eines Feinbohrkopfes, offenbart, der einen Grundkörper und einen von einer relativ zum Grundkörper elastisch auslenkbaren Parallelfeder-Anordnung getragenen Kopfteil aufweist. Weiterhin ist eine Vorrichtung zur radialen Verstellung des Kopfteles relativ zum Grundkörper vorgesehen, die im Inneren des Grundkörpers einen schwenkbar gelagerten Hebel und eine mittels Verstellantriebs in einer Führung im Grundkörper axial bewegbare Hülse mit einer inneren Kegelfläche aufweist, wobei ein Ende des Hebels an der inneren Kegelfläche der Hülse anliegt und das andere Ende des Hebels mit dem Kopfteil in kraftübertragender Verbindung steht. Die Hülse ist zur Ausführung einer translatorischen Verstellbewegung im Wesentlichen undrehbar und ist in allen Einstellpositionen elastisch im Sinne einer Vorspannung belastet.

**[0005]** Aus EP 1 070 563 A1 ist ein Werkzeughalter bekannt, der an einem Ende an einem Schaft befestigt ist und an dem anderen Ende ein Gehäuse aufweist. Ein Drehkraftumwandlungsmechanismus ist in der Lage, die Position des Werkzeugs in radialer Richtung durch die Umwandlung der Drehkraft in eine lineare Bewegung in nur eine Richtung zu wandeln. Diese Lösungen weisen einen komplizierten konstruktiven Aufbau auf und gewährleisten keinen zuverlässigen Gewichtsausgleich bei der Auslenkung des Bearbeitungswerkzeuges, wodurch es zu unerwünschten Schwingungen und Unwuchten kommen kann, die das Bearbeitungsergebnis negativ beeinflussen.

**[0006]** Aus der Druckschrift SU 435 070 A1 ist ein Ausbohrwerkzeug bekannt, bei dem ein Gegengewicht vorhanden ist, das radial entgegen der Verstellrichtung des Schneideteils beweglich angeordnet ist. Damit soll gewährleistet werden, dass eine symmetrische Massenverteilung erhalten bleibt. Dazu sind radial verstellbare Stifte vorgesehen, wodurch ein grosser radialer Bauraum erforderlich ist und sich die radiale Verstellbarkeit aufwendig gestaltet. Weiterhin ist eine radiale Verstellung während des Bearbeitungsvorganges nicht vorgesehen.

**[0007]** In der Druckschrift DE 4 218 492 C2 wird ein rotierender Bohrkopf mit einem Werkzeugträger offenbart, der durch ein Fluid um kleine Verstellbeträge quer zur Rotationsachse verstellbar ist und eine auf einer gekrümmten Bahn schwenkbaren, einen Schneidmeissel aufweisenden Bohrstange mit einem Unwucht-Kompensationsglied aufweist, das die bei der Auslenkung des Werkzeugträgers entstehende Unwucht durch eine entgegengesetzt gerichtete Bewegung zumindest teilweise kompensiert. Dazu sind der Werkzeugträger und das Unwucht-Kompensationsglied über ein federgelenkiges Spreizhebelgetriebe miteinander verbunden, umfassend vier Federgelenke, zwei Schenkelglieder und ein Mittelglied, wobei das Mittelglied jeweils über die Federgelenke mit den Schenkelgliedern und ein Schenkelglied mit dem Werkzeugträger und ein anderes Schenkelglied mit dem Unwucht-Kompensationsglied verbunden sind. Die Schenkelglieder werden über das Mittelglied vom Antriebsglied beaufschlagt und das Unwucht-Kompensationsglied ist mit einem Biegeteil und der Werkzeugträger mit einem weiteren Biegeteil verbunden. Eine aktive Verstellung des Werkzeuges und des Kompensationsgliedes während der Bearbeitung eines Werkstückes ist mit dieser Lösung nicht möglich.

**[0008]** Aufgabe der Erfindung ist es, eine Spindel mit einem auslenkbaren Werkzeugkopf zu entwickeln, welche eine radiale Verstellung des Werkzeuges während des Bearbeitungsvorganges gewährleistet und dabei das Entstehen einer Unwucht vermeidet.

**[0009]** Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des ersten Patentanspruchs gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

**[0010]** Die Spindel weist einen in Bezug auf eine Drehachse (Z-Achse) auslenkbaren Werkzeugkopf auf, in dem ein Bearbeitungswerkzeug aufnehmbar ist, wobei erste Mittel zur radialen Verstellung des Werkzeuges während des Bearbeitungsvorganges vorhanden sind und der Werkzeugkopf erfindungsgemäss einen das Entstehen einer Unwucht vermeidenden Gewichtsausgleich in Form eines Gegengewichts aufweist, welches entgegengesetzt zur Verstellung des Werkzeuges mittels zweiter Mittel radial verstellbar ist und dass die ersten Mittel zur radialen Verstellung des Werkzeuges und die zweiten Mittel zur radialen Verstellung des Gegengewichts gleichzeitig mittels einer entlang der Längsachse längsverstell-

baren Betätigungsstange betätigbar sind. Dadurch ist mit nur einem Betätigungselement in Form der Betätigungsstange gleichzeitig die radiale Verstellung des Werkzeuges und dazu entgegengesetzt des Gegengewichtes realisierbar, wodurch ein einfacher konstruktiver Aufbau realisierbar ist und der Werkzeugkopf insbesondere radial klein bleibt.

**[0011]** In einer Ausführungsform weist der Werkzeugkopf dabei einen um die Drehachse antreibbaren Grundkörper auf, durch welchen die Betätigungsstange führt, wobei an dem Grundkörper sowohl das Werkzeug als auch das Gegengewicht zueinander entgegengesetzt radial auslenkbar aufgenommen sind.

Dazu ist am Grundkörper wenigstens ein radial auslenkbares erstes Befestigungsmittel angeordnet, an dem das Werkzeug aufgenommen wird, wobei die ersten Mittel zur radialen Verstellung des Werkzeuges in Form einer am ersten Befestigungsmittel ausgebildeten schiefen Ebene und eines mit der schiefen Ebene korrespondierenden Druckbereiches der Betätigungsstange ausgebildet sind, derart, dass bei einer Verstellung der Betätigungsstange in Richtung der Längsachse der Druckbereich der Betätigungsstange gegen die schiefe Ebene wirkt und das erste Befestigungsmittel und das daran aufgenommene Werkzeug radial auslenkt.

**[0012]** Weiterhin ist an dem Grundkörper wenigstens ein entgegengesetzt zum ersten Befestigungsmittel radial auslenkbares zweites Befestigungsmittel angeordnet, an dem das Gegengewicht aufgenommen wird. Die zweiten Mittel zur radialen Verstellung des Gegengewichtes sind in Form eines am zweiten Befestigungsmittel ausgebildeten Führungsbereiches und eines mit dem Führungsbereich korrespondierenden Stellbereiches der Betätigungsstange ausgebildet, derart, dass bei einer Verstellung der Betätigungsstange in Richtung der Längsachse der Stellbereich der Betätigungsstange gegen den Führungsbereich wirkt und das zweite Befestigungsmittel und das daran aufgenommene Gegengewicht entgegengesetzt zum Werkzeug radial auslenkt.

**[0013]** Das radial auslenkbare erste Befestigungsmittel wird durch wenigstens zwei sich gegenüberliegende endseitig gelenkig ausgebildete oder gelagerte Stege gebildet, die sich entlang zur Drehachse erstrecken. Die Stege sind an ihrem ersten Ende radial auslenkbar am Grundkörper angeordnet.

**[0014]** An dem zweiten Ende der Stege ist ein die Stege verbindender und das Werkzeug aufnehmender Werkzeugträger angeordnet.

**[0015]** Weiterhin ist an der in Richtung zum Grundkörper weisenden Seite des Werkzeugträgers eine sich axial erstreckende Erhebung mit einer schiefen Ebene ausgebildet, gegen welche der Druckbereich der Betätigungsstange wirkt.

**[0016]** Das radial auslenkbare zweite Befestigungsmittel ist bevorzugt in Form eines am Grundkörper in einer ersten Schwenkachse schwenkbar gelagerten Hebels ausgebildet, wobei der Hebel eine als Führungsbereich ausgebildete Führungsnut aufweist, in die der Stellbereich der Betätigungsstange eingreift. Am unteren Ende des Hebels ist das Gegengewicht in einer zweiten Schwenkachse befestigt.

**[0017]** Weiterhin ist vorteilhafterweise zwischen dem Gewichtsausgleich bzw. dem Gegengewicht und dem Grundkörper quer zur Drehachse der Spindel eine Linearführung ausgebildet, die eine sichere und zueinander parallele Führung des Werkzeugträgers und des Gegengewichts quer zur Drehachse gewährleistet.

**[0018]** Das Gegengewicht ist vorteilhafterweise im Wesentlichen U-förmig ausgebildet und weist zwei sich längs der Drehachse erstreckende Seitenbereiche und einen sich zwischen den Seitenbereichen erstreckenden Boden auf. Der Hebel ist an seinem unteren Ende zwischen den beiden Seitenbereichen in der zweiten Schwenkachse befestigt, und zwischen den beiden Seitenbereichen erstreckt sich der Hebel nach oben zum Grundkörper, an dem er schwenkbar in der ersten Schwenkachse befestigt ist.

**[0019]** Der Boden des Gegengewichts weist eine im Wesentlichen zentrische Ausnehmung auf, durch welche der Werkzeugträger mit einem rotationssymmetrischen Vorsprung ragt, wobei an dem freien Ende des rotationssymmetrischen Vorsprungs das Werkzeug aufgenommen wird, welches eine Längsachse aufweist.

**[0020]** Das Gegengewicht weist weiterhin einen quer zur Drehachse ausgebildeten Linearführungsbereich auf, in den der Werkzeugträger zumindest bereichsweise eingreift, wobei der Linearführungsbereich eine zueinander entgegengesetzte im Wesentlichen lineare Bewegung des Gegengewichts und des Werkzeugträgers quer zur Drehachse gewährleistet.

**[0021]** Eine Ausnehmung im Boden des Gegengewichts ist in ihrer Länge einem Verstellweg von Werkzeugträger und Gegengewicht angepasst und begrenzt den radialen Verstellweg des Werkzeugträgers. Die Breite der Ausnehmung ist im Wesentlichen dem Durchmesser des rotationssymmetrischen Vorsprungs angepasst oder weist ein geringes Spiel zum rotationssymmetrischen Vorsprung des Werkzeugträgers auf, um unerwünschten Kontakt zum Gegengewicht zu vermeiden.

**[0022]** Die zwei radial auslenkbaren ersten Befestigungsmittel in Form der wenigstens zwei sich gegenüberliegenden Stege weisen jeweils in Richtung zum Grundkörper ein erstes Festkörpergelenk und in Richtung zum Werkzeugträger ein zweites Festkörpergelenk auf. Durch die endseitigen Festkörpergelenke, die in ihrem Querschnitt im Vergleich zu dem dazwischenliegenden Bereich der Stege reduziert sind, ist der Werkzeugträger quer zur Drehachse radial verstellbar.

**[0023]** Bevorzugt sind der Grundkörper, die Stege, der Werkzeugträger einteilig ausgebildet. Für hohe Genauigkeitsanforderungen ist es jedoch von Vorteil, dass mit diesen auch der rotationssymmetrische Bereich zur Aufnahme des Werkzeuges sowie die sich axial erstreckende Erhebung mit der schiefen Ebene einteilig ausgebildet sind.

**[0024]** Die Betätigungsstange führt durch einen rohrförmigen Bereich der Spindel, wobei sich an das werkzeugseitige Ende des rohrförmigen Bereiches der Spindel der Grundkörper des Werkzeugkopfes drehfest anschliesst und die Betätigungsstange mit dem Werkzeugkopf rotiert.

**[0025]** In einer nicht ausgelenkten Ausgangsposition erstrecken sich die Stege parallel zur Drehachse, und die Längsachse des Werkzeuges fluchtet mit der Drehachse. Wird nun die Betätigungsstange in Richtung zum Werkzeug (hier nach unten) bewegt, wird das Werkzeug radial in eine Richtung und das Gegengewicht dazu entgegengesetzt ausgelenkt. Die Längsachse des Werkzeuges weist nun einen ersten radialen Versatz zur Drehachse auf. Bei einer entgegengesetzten Bewegung der Betätigungsstange vom Werkzeug weg (hier nach oben) wird das Werkzeug radial in Richtung zur Drehachse zurückbewegt, bis dessen Längsachse wieder mit der Drehachse fluchtet. Bei einer weiteren Hubbewegung der Betätigungsstange vom Werkzeug weg bewegt sich das Werkzeug radial in die andere Richtung (und das Gegengewicht dazu entgegengesetzt), so dass es mit seiner Längsachse einen zweiten radialen Versatz zur Drehachse aufweist. Je nach Orientierung der Schneide des Werkzeuges können dadurch sowohl Aussen- als auch Innenkonturen bearbeitet werden.

**[0026]** Wenn das Werkzeug eine Werkzeugschneide aufweist, die bei einem ersten radialen Versatz (R+) der Längsachse des Werkzeuges in Bezug auf die Drehachse in Richtung zur Drehachse weist, können Aussenkonturen eines Werkstücks bearbeitet werden. In diesem Fall weist die Schneide bei einem zweiten radialen Versatz (R-) von der Drehachse weg und ermöglicht die Bearbeitung von Innenkonturen eines Werkstücks.

**[0027]** Bevorzugt wird ein Werkzeug in Form eines Drehmeissels eingesetzt, wodurch beispielsweise durch Einsatz der erfindungsgemässen Spindel in einer Fräsmaschine eine Drehbearbeitung eines Bauteils an Aussen- und Innenkonturen möglich ist.

**[0028]** Alternativ kann auch ein Werkzeug eingesetzt werden, welches die Bearbeitung einer anderen Oberflächengeometrie und/oder ein anderes Bearbeitungsverfahren gewährleistet, wie beispielsweise ein Schleif- oder Polierwerkzeug oder ein Fräser.

**[0029]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels und zugehöriger Zeichnungen näher erläutert.

**[0030]** Es zeigen:

- Fig. 1 eine Prinzipdarstellung des Werkzeugkopfes der Spindel in einer Ausgangsposition,
- Fig. 2 eine Prinzipskizze des Bestandteils der Spindel zur Auslenkung des Werkzeuges in einer Ausgangsposition,
- Fig. 3 eine Prinzipskizze gem. Fig. 2, jedoch in einer ersten ausgelenkten Position des Werkzeuges mit einem angedeuteten Gegengewicht,
- Fig. 4 eine Prinzipskizze gem. Fig. 2, jedoch in einer zweiten ausgelenkten Position des Werkzeuges mit einem angedeuteten Gegengewicht,
- Fig. 5 eine Prinzipskizze des Bestandteils der Spindel zur Auslenkung des Gegengewichts in einer Ausgangsposition,
- Fig. 6 eine Prinzipskizze gem. Fig. 5, jedoch in einer ersten ausgelenkten Position des Gegengewichts,
- Fig. 7 eine Prinzipskizze gem. Fig. 5, jedoch in einer zweiten ausgelenkten Position des Gegengewichts,
- Fig. 8 Unteransicht des Gegengewichts,
- Fig. 9 Teillängsschnitt der Spindel,
- Fig. 10 dreidimensionale Darstellung der Spindel,
- Fig. 11 Prinzipdarstellung der Position des Werkzeuges in der Ausgangsposition,
- Fig. 12 Prinzipdarstellung der Position des Werkzeuges bei einem maximalen ersten radialen Versatz,
- Fig. 13 Prinzipdarstellung der Position des Werkzeuges bei einem maximalen zweiten radialen Versatz.

**[0031]** Die Spindel 1 weist einen um eine Drehachse A1 (Z-Achse) drehbaren Werkzeugkopf 2 auf, in den ein Werkzeug 3 eingespannt ist, wobei erste Mittel M1 zur radialen Verstellung des Werkzeuges 3 während des Bearbeitungsvorganges vorhanden sind. Der Werkzeugkopf 2 weist einen das Entstehen einer Unwucht vermeidenden Gewichtsausgleich in Form eines Gegengewichts 4 auf, welches entgegengesetzt zur Verstellung des Werkzeuges 3 mittels zweiter Mittel M2 radial verstellbar ist. Die ersten Mittel M1 und die zweiten Mittel M2 sind gleichzeitig mittels einer entlang der Drehachse A1 längsverstellbaren Betätigungsstange 5 betätigbar.

Der Werkzeugkopf 2 weist einen um die Drehachse A1 antreibbaren Grundkörper 6 auf, durch welchen die Betätigungsstange 5 führt. An dem Grundkörper 6 sind das Werkzeug 3 und das Gegengewicht zueinander entgegengesetzt radial auslenkbar aufgenommen.

**[0032]** Dazu sind am Grundkörper 6 zwei voneinander beabstandete radial auslenkbare erste Befestigungsmittel angeordnet, die durch zwei sich gegenüberliegende endseitig gelenkig ausgebildete Stege 7 gebildet werden, die sich entlang zur Drehachse A1 erstrecken. Die Stege 7 sind an ihrem nicht bezeichneten ersten Ende radial auslenkbar am Grundkörper 6 angeordnet. An dem zweiten Ende der Stege 7 ist ein Werkzeugträger 8 angeordnet, der die Stege 7 miteinander verbindet und welcher das Werkzeug 3 aufnimmt.

**[0033]** Die Stege 7 weisen in Richtung zum Grundkörper 6 ein erstes Festkörpergelenk 7.1 und in Richtung zum Werkzeugträger 8 ein zweites Festkörpergelenk 7.2 auf. Diese Festkörpergelenke 7.1, 7.2 werden durch eine Querschnittsverringerung der im Wesentlichen prismatischen Stege 7 (mit rechteckigem Querschnitt) gebildet und ermöglichen dadurch die radiale Auslenkung der Stege 7 und damit des Werkzeugträgers 8 und des Werkzeuges 3. An der Unterseite des Werkzeugträgers 8 ist ein rotationssymmetrischer Vorsprung 9 ausgebildet, an dessen Ende das Werkzeug 3 aufgenommen wird.

**[0034]** Das Werkzeug 3 weist eine Längsachse A3 auf, die in der dargestellten Ausgangsposition mit der Drehachse A1 fluchtet.

**[0035]** Die ersten Mittel M1 zur Auslösung der radialen Verstellung des Werkzeuges 3 bestehen aus einer ersten schiefen Ebene E1, die in einem Winkel zur Drehachse A1 geneigt ist und aus einem mit der schiefen Ebene E1 korrespondierenden Druckbereich der Betätigungsstange 5, welcher ebenfalls in Form einer zweiten schiefen Ebene E2 ausgebildet ist.

**[0036]** Die erste schiefe Ebene E1 ist an der in Richtung zum Grundkörper 6 weisenden Seite des Werkzeugträgers 8 an einer sich axial erstreckenden Erhebung 10 ausgebildet. Die zweite schiefe Ebene E2 wird durch das entsprechend abgeschrägte korrespondierende Ende der Betätigungsstange 5 gebildet.

Weiterhin ist an dem Grundkörper 5 wenigstens ein entgegengesetzt zum ersten Befestigungsmittel radial auslenkbares zweites Befestigungsmittel angeordnet, an dem der Gewichtsausgleich in Form des Gegengewichts 4 aufgenommen wird. Das radial auslenkbare zweite Befestigungsmittel zur Auslenkung des Gegengewichts 4 ist in Form eines am Grundkörper 6 in einer ersten Schwenkachse S1 schwenkbar gelagerten Hebels 11 ausgebildet, wobei der Hebel 11 eine als Führungsbereich ausgebildete Führungsnut 12 aufweist. In diese greift der Stellbereich der Betätigungsstange 5 ein, der in Form eines seitlich ausragenden Arms 5.1 an der Betätigungsstange 5 ausgebildet ist. Am unteren Ende des Hebels 11 ist das Gegengewicht 4 in einer zweiten Schwenkachse S2 befestigt ist.

Die Führungsnut 12 ist entgegengesetzt zur ersten schiefen Ebene E1 geneigt und in der Art einer Kurve ausgebildet, die bei jeder Position des Werkzeuges den exakten Gewichtsausgleich durch die entsprechende Lage des Gegengewichts 4 gewährleistet. Der Gewichtsausgleich in Form des Gegengewichts 4 ist im Wesentlichen U-förmig mit zwei sich längs der Drehachse ausgebildeten Seitenbereichen 4.1 gestaltet, wobei der hier in der Darstellung vordere Seitenbereich 4.1 nur im Teilschnitt zur besseren Übersichtlichkeit dargestellt ist.

Zwischen den Seitenbereichen 4.1 ist ein Boden 4.2 ausgebildet ist. Der Hebel 11 ist zwischen den beiden Seitenbereichen 4.1 in der zweiten Schwenkachse S2 befestigt. Der Boden 4.2 des Gegengewichts 4 ist mit einer im Wesentlichen zentrischen Ausnehmung 13 (s. Fig. 6 bis 8) versehen, die in Fig. 1 nicht ersichtlich ist und durch welche der Werkzeugträger 8 mit seinem rotationssymmetrischen Vorsprung 9 reicht, wobei an dem freien Ende des rotationssymmetrischen Vorsprungs 9 das Werkzeug 3 eingespannt ist.

Weiterhin weist das Gegengewicht 4 einen quer zur Drehachse A1 ausgebildeten Linearführungsbereich auf, in den der Werkzeugträger 8 eingreift. Der Linearführungsbereich wird hier durch die zwei Seitenbereiche 4.1 des Gegengewichts 4 gebildet, zwischen welchen der Werkzeugträger 8 geführt wird. Die hier nicht sichtbare Ausnehmung im Boden des Gegengewichts 4, durch welche der rotationssymmetrische Vorsprung 9 ragt, begrenzt zusätzlich den radialen Verstellweg des Werkzeuges 3.

**[0037]** Der Grundkörper 6, die Stege 7, der Werkzeugträger 8 und der rotationssymmetrische Vorsprung 9 zur Aufnahme des Werkzeuges 3 sowie die sich axial erstreckende Erhebung mit der schiefen Ebene sind komplett einteilig ausgebildet und entweder aus einem Block durch spanende Bearbeitung hergestellt oder durch 3D-Druck, Rapid-Prototyping oder dergleichen gefertigt.

Die Betätigungsstange 5 führt durch einen rohrförmigen Bereich 14 der Spindel 1 und durch den Grundkörper 6 und rotiert mit diesen um die Drehachse A1.

An das werkzeugseitige Ende des rohrförmigen Bereiches 14 der Spindel 1 schliesst sich der Grundkörper 6 des Werkzeugkopfes 2 drehfest an. Die Betätigungsstange 5 rotiert mit dem Werkzeugkopf 2.

Der rohrförmige Bereich 14 der Spindel 1 stützt sich radial über zwei axial voneinander beabstandete Wälzlager 15 in einem Aussenzylinder 16 ab.

**[0038]** Eine Prinzipskizze des Bestandteils der Spindel zur Auslenkung des Werkzeuges 3 in einer Ausgangsposition ist in Fig. 2 verdeutlicht. Bestandteil des Werkzeugkopfes 2 zur radialen Auslenkung des Werkzeuges ist der Grundkörper 6, an den sich nach unten die zwei Stege 7 erstrecken, welche über obere erste Festkörpergelenke 7.1 mit dem Grundkörper 7 und über untere zweite Festkörpergelenke 7.2 mit dem Werkzeugträger 8 verbunden sind. Der Werkzeugträger 8 weist an seiner Unterseite den rotationssymmetrischen Vorsprung 9 auf, an dem das Werkzeug 3 aufgenommen ist. An der

Oberseite des Werkzeugträgers 8 ist eine sich axial erstreckende Erhebung 10 ausgebildet, welche die erste schiefe Ebene E1 aufweist. An dem unteren Ende der Betätigungsstange 5 ist die zweite schiefe Ebene E2 ausgebildet. Die erste schiefe Ebene E1 und die zweite schiefe Ebene E2 sind über eine erste Linearführung 17 miteinander wirkverbunden.

**[0039]** Wird die Betätigungsstange 5 entlang der Drehachse A1 in Richtung zum Werkzeug 3 bewegt, wird durch die aufeinander gleitenden Schiefen Ebenen E1, E2 die axial erstreckende Erhebung 10 und damit der Werkzeugträger 8 mit dem Werkzeug 3 nach rechts ausgelenkt, und das Werkzeug gelangt aus der in Fig. 2 dargestellten Ausgangsposition in eine Position gem. Fig. 3, bei welcher das Werkzeug 3 mit seiner Drehachse A3 um einen ersten radialen Versatz R+ quer zur Drehachse A1 versetzt ist. Bewegt man aus der Ausgangsposition gem. Fig. 2 die Betätigungsstange 5 nach oben, wird der Werkzeugträger 8 mit dem Werkzeug 3 in eine Position gem. Fig. 4 ausgelenkt, bei welcher das Werkzeug mit seiner Längsachse A3 um einen zweiten radialen Versatz R– quer zur Drehachse verstellt ist.

**[0040]** In den Fig. 3 und 4 sind die Betätigungsstange und die Ebenen E1 und E2 nicht dargestellt, sondern es werden nur die ausgelenkten Positionen des Werkzeugträgers 8 mit dem Werkzeug 3 verdeutlicht. Weiterhin ist angedeutet, dass sich das Gegengewicht 4 entgegengesetzt zum Werkzeugträger 8 bewegt. Die Kinematik zur Erzeugung dieser Bewegung des Gegengewichts ist hier nicht dargestellt.

**[0041]** Fig. 3 zeigt das Werkzeug 3 mit einem in Bezug auf die Drehachse A1 ersten radialen Versatz R+ bzw. in einer ausgelenkten ersten Position, wobei die nicht bezeichnete Werkzeugschneide in Richtung zur Drehachse A1 weist und durch eine Rotation des Werkzeuges 3 um die Drehachse A1 Aussenkonturen bzw. eine Aussenkontur eines nicht dargestellten Werkstückes bearbeitet werden können.

Fig. 4 zeigt das Werkzeug 3 mit einem in Bezug auf die Drehachse A1 zweiten radialen Versatz R– bzw. in einer ausgelenkten zweiten Position, in welcher die nicht bezeichnete Werkzeugschneide von der Drehachse A1 wegweist und durch eine Rotation des Werkzeuges 3 um die Drehachse A1 Innenkonturen bzw. eine Innenkontur eines nicht dargestellten Werkstückes bearbeitbar sind.

**[0042]** Die Fig. 5 bis 7 zeigen als Prinzipdarstellungen die Mittel zur Verstellung des Gegengewichts 4. Das Gegengewicht 4 ist im Wesentlichen U-förmig ausgebildet und weist zwei zueinander parallele Seitenbereiche 4.1 auf, die mit der Drehachse A1 im Wesentlichen fluchten. Die beiden Seitenbereiche 4.1 sind an ihrer Unterseite über einen Boden 4.2 miteinander verbunden. Am Grundkörper 6 ist in einer ersten Schwenkachse S1 ein Hebel 11 schwenkbar gelagert. Der Hebel 11 weist eine als Führungsbereich ausgebildete Führungsnut 12 auf, in welche ein seitlich auskragender Arm 5.1 der Betätigungsstange 5 mit einem Führungsbolzen 18 (s. Fig. 6 und 7) oder einer Führungsrolle eingreift. Am unteren Ende des Hebels 11 ist das Gegengewicht 4 in einer zweiten Schwenkachse S2 befestigt.

Der Boden 4.2 des Gegengewichts 4 ist mit einer im Wesentlichen zentrischen Ausnehmung 13 (s. Fig. 6 bis 8) versehen, die in Fig. 5 nicht ersichtlich ist und durch welche der hier nicht dargestellte Werkzeugträger mit seinem rotationssymmetrischen Vorsprung greift.

Weiterhin weist das Gegengewicht 4 einen quer zur Drehachse A1 ausgebildeten nicht bezeichneten Linearführungsbe- reich auf, der durch die zwei Seitenbereiche 4.1 des Gegengewichts 4 gebildet wird und in dem der hier nicht dargestellte Werkzeugträger 8 geführt wird.

Zur linearen Führung des Gegengewichts 4 ist zwischen diesem und dem Grundkörper 6 eine quer zur Drehachse A1 verlaufende zweite Linearführung 19 ausgebildet, die eine sichere Führung des Gegengewichts 4 quer zur Drehachse A1 gewährleistet.

**[0043]** Wird die Betätigungsstange 5 aus der Position in Fig. 5 nach oben bewegt (Fig. 6), wird der Führungsbolzen 18 in der Führungsnut 12 des Hebels 11 nach oben bewegt und das Gegengewicht 4 ausgelenkt, so dass es bei einem zweiten radialen Versatz R– die Position gem. Fig. 6 einnimmt.

**[0044]** Wird die Betätigungsstange aus ihrer Ausgangsposition in Fig. 5 nach unten bewegt (Fig. 7), wird mit der Auslenkung des hier nicht dargestellten Werkzeugträgers gleichzeitig das Gegengewicht 4 in die entgegengesetzte Richtung ausgelenkt, da der Arm 5.1 bzw. der Führungsbolzen 18 der Betätigungsstange 5 in der Führungsnut 12 des Hebels 11 nach unten bewegt wird und dadurch der Hebel 11 mit dem daran befestigten Gegengewicht 4 radial auslenkt, so dass bei einem ersten radialen Versatz R+ das Gegengewicht 4 die Position gem. Fig. 7 einnimmt. Aus den Fig. 6 und 7 ist die Ausnehmung 13 im Gegengewicht 4 ersichtlich, durch welche der Vorsprung des Werkzeugträgers greift (hier nicht dargestellt).

**[0045]** Die Ansicht des Gegengewichts 4 von unten ist in Fig. 8 dargestellt. Es sind die sich gegenüberliegenden Seitenbereiche 4.1 ersichtlich, zwischen denen sich der Boden 4.2 erstreckt. In dem Boden 4.2 befindet sich die Ausnehmung 13, die in ihrer Länge einem Verstellweg von Werkzeugträger und Gewichtsausgleich/Gegengewicht 4 angepasst ist und den radialen Verstellweg des Werkzeugträgers begrenzt. Die Breite der Ausnehmung 13 ist im Wesentlichen dem Durchmesser des rotationssymmetrischen Vorsprungs 9 des Werkzeugträgers angepasst.

**[0046]** Gemäss Fig. 9 und 10 schliesst sich an den Aussenzyylinder der Spindel 1 eine den Werkzeugkopf 2 umringende Umhausung 20 an. Das Werkzeug 3 überragt dabei die Umhausung 20 an ihrer Unterseite.

**[0047]** In Fig. 11 wird die Prinzipdarstellung der Position des Werkzeuges 3 in der Ausgangsposition dargestellt.

**[0048]** Die Längsachse A3 des Werkzeuges 3 fluchtet mit der Drehachse A1, und in Abhängigkeit von der radial nach aussen weisenden Werkzeugschneide 3.1 kann ein Bearbeitungsdurchmesser D1 (Innenkontur eines Werkstücks – nicht dargestellt) abgedeckt werden.

**[0049]** Bei einem maximalen zweiten radialen Versatz R– der Längsachse A3 des Werkzeuges 3 in Bezug auf die Drehachse A1 weist die Werkzeugschneide von der Drehachse weg (s. Fig. 12). Dadurch können Innenkonturen eines Werkstücks mit einem Durchmesser D2 bearbeitet werden, wenn das Werkzeug 3 um die Drehachse A1 (Z-Achse) rotiert. Bei einem ersten radialen Versatz R+ weist die Werkzeugschneide 3.1 in Richtung zur Drehachse A1 und dient zur Bearbeitung von Aussenkonturen eines Werkstückes bis zu einem Aussendurchmesser D3 (s. Fig. 13), wenn das Werkzeug 3 um die Drehachse A1 (Z-Achse) rotiert.

**[0050]** Es ist dabei möglich, dass der erste oder zweite radiale Versatz R+, R– während der Bearbeitung verstellt wird.

**[0051]** Mit der erfindungsgemässen Lösung wird eine konstruktiv einfache und elegante Variante zur radialen Verstellung des Werkzeuges geschaffen, wobei durch das Gegengewicht Unwuchten verhindert werden.

Diese Lösung wird insbesondere zur Präzisionsbearbeitung kleiner Bauteile eingesetzt, wie sie beispielsweise in der Uhrenindustrie, in elektronischen Bauteilen usw. benötigt werden.

Es ist möglich, mit nur einem Werkzeug eine Vielzahl unterschiedlicher Innen- und/oder Aussendurchmesser zu bearbeiten, so dass bei Einsatz der erfindungsgemässen Lösung die Anzahl der benötigten Werkzeuge drastisch reduziert werden kann.

## Bezugszeichenliste

### [0052]

- 1 Spindel
- 2 Werkzeugkopf
- 3 Werkzeug
- 4 Gegengewicht
- 4.1 Seitenbereich
- 4.2 Boden
- 5 Betätigungsstange
- 5.1 Arm
- 6 Grundkörper
- 7 Stege
- 7.1 erstes Festkörpergelenk
- 7.2 zweites Festkörpergelenk
- 8 Werkzeugträger
- 9 rotationssymmetrischer Vorsprung
- 10 axial erstreckende Erhebung
- 11 Hebel
- 12 Führungsnut
- 13 Ausnehmung
- 14 rohrförmiger Bereich
- 15 Wälzlager
- 16 Aussenzylinder
- 17 erste Linearführung
- 18 Führungsbolzen

- 19 zweite Linearführung
- A1 Drehachse
- E1 erste schiefe Ebene
- E2 zweite schiefe Ebene
- R+ erster radialer Versatz
- R− zweiter radialer Versatz
- S1 erste Schwenkachse
- S2 zweite Schwenkachse

#### Patentansprüche

1. Spindel (1) mit einem in Bezug auf Drehachse, d.h. Z-Achse (A1) der Spindel (1) auslenkbaren Werkzeugkopf (2), in dem ein Bearbeitungswerkzeug aufnehmbar ist, wobei erste Mittel (M1) zur radialen Verstellung des Werkzeuges (3) während des Bearbeitungsvorganges vorhanden sind, dadurch gekennzeichnet, dass der Werkzeugkopf (2) einen das Entstehen einer Unwucht vermeidenden Gewichtsausgleich in Form eines Gegengewichts (4) aufweist, welches entgegengesetzt zur Verstellung des Werkzeuges (3) mittels zweiter Mittel (M2) radial verstellbar ist und dass die ersten Mittel (M1) zur radialen Verstellung des Werkzeuges (3) und die zweiten Mittel (M2) zur radialen Verstellung des Gegengewichts (4) gleichzeitig mittels einer entlang der Drehachse (A1) längsverstellbaren Betätigungsstange (5) betätigbar sind.
2. Spindel (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
  - a) dass der Werkzeugkopf (2) einen um die Drehachse (A1) antreibbaren Grundkörper (6) aufweist, durch welchen die Betätigungsstange (5) führt, dass an dem Grundkörper (6) wenigstens ein radial auslenkbares erstes Befestigungsmittel angeordnet ist, an dem das Werkzeug (3) aufnehmbar ist, und dass die ersten Mittel zur radialen Verstellung des Werkzeuges (3) in Form
    - einer am ersten Befestigungsmittel ausgebildeten schiefen Ebene und
    - eines mit der schiefen Ebene korrespondierenden Druckbereiches der Betätigungsstange (5) ausgebildet sind, derart, dass bei einer Verstellung der Betätigungsstange (5) in Richtung der Drehachse (A1) der Druckbereich der Betätigungsstange gegen die schiefe Ebene wirkt und das erste Befestigungsmittel und das daran aufnehmbare Werkzeug radial auslenkt, und
    - b) dass an dem Grundkörper (6) wenigstens ein entgegengesetzt zum ersten Befestigungsmittel radial auslenkbares zweites Befestigungsmittel angeordnet ist, an dem das Gegengewicht aufgenommen ist und dass die zweiten Mittel (M2) zur radialen Verstellung des Gegengewichts in Form
      - eines am zweiten Befestigungsmittel ausgebildeten Führungsbereichs und
      - eines mit dem Führungsbereich korrespondierenden Stellbereichs der Betätigungsstange (5) ausgebildet sind, derart, dass bei einer Verstellung der Betätigungsstange (5) in Richtung der Drehachse (A1) der Stellbereich der Betätigungsstange gegen den Führungsbereich wirkt und das zweite Befestigungsmittel und das daran aufgenommene Gegengewicht (4) entgegengesetzt zum Werkzeug (3) radial auslenkt.
  3. Spindel (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das radial auslenkbare erste Befestigungsmittel wenigstens zwei sich gegenüberliegende endseitig gelenkig ausgebildete oder gelagerte Stege (7) aufweist, die sich entlang zur Drehachse erstrecken und mit einem ersten Ende radial auslenkbar am Grundkörper (6) angeordnet sind, dass am zweiten Ende der Stege (7) ein die Stege (7) verbindender und das Werkzeug (3) aufnehmbarer Werkzeugträger angeordnet ist und dass an der in Richtung zum Grundkörper (6) weisenden Seite des Werkzeugträgers die schiefe Ebene ausgebildet ist, gegen welche der Druckbereich der Betätigungsstange wirkt.
  4. Spindel (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das radial auslenkbare zweite Befestigungsmittel in Form eines am Grundkörper (6) in einer ersten Schwenkachse (S1) schwenkbar gelagerten Hebels (11) ausgebildet ist, wobei der Hebel (11) eine als Führungsbereich ausgebildete Führungsnut (12) aufweist, in die der Stellbereich der Betätigungsstange eingreift und dass am unteren Ende des Hebels (11) das Gegengewicht in einer zweiten Schwenkachse (S2) befestigt ist.
  5. Spindel (1) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zwei radial auslenkbare erste Befestigungsmittel in Form der wenigstens zwei sich gegenüberliegenden Stege (7) jeweils in Richtung zum Grundkörper (6) ein erstes Festkörpergelenk (7.1) und in Richtung zum Werkzeugträger (8) ein zweites Festkörpergelenk (7.2) aufweisen, und dass
    - der Grundkörper (6),
    - die Stege (7),
    - der Werkzeugträger (8) und

- ein rotationssymmetrischer Vorsprung (9) zur Aufnahme des Werkzeuges (3) sowie
- eine sich axial erstreckende Erhebung mit der schiefen Ebene einteilig ausgebildet sind.

6. Spindel (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Betätigungsstange (5) durch einen rohrförmigen Bereich (14) der Spindel (1) führt, wobei sich an das werkzeugseitige Ende des rohrförmigen Bereiches (14) der Spindel (1) der Grundkörper (6) des Werkzeugkopfes (2) drehfest anschliesst und wobei die Betätigungsstange (5) mit dem Werkzeugkopf (2) rotiert.
7. Verwendung einer Spindel nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zur Bearbeitung von Aussenkonturen oder Innenkonturen eines Werkstückes, wobei in der Spindel (1) ein Werkzeug (3) aufgenommen ist, das eine Werkzeugschneide aufweist, die bei einem ersten radialen Versatz (R+) der Längsachse des Werkzeuges in Bezug auf die Drehachse der Spindel in Richtung zur Drehachse der Spindel weist und zur Bearbeitung von Aussenkonturen eines Werkstückes dient und die bei einem zweiten radialen Versatz (R-) von der Drehachse der Spindel wegweist und zur Bearbeitung von Innenkonturen eines Werkstückes dient.

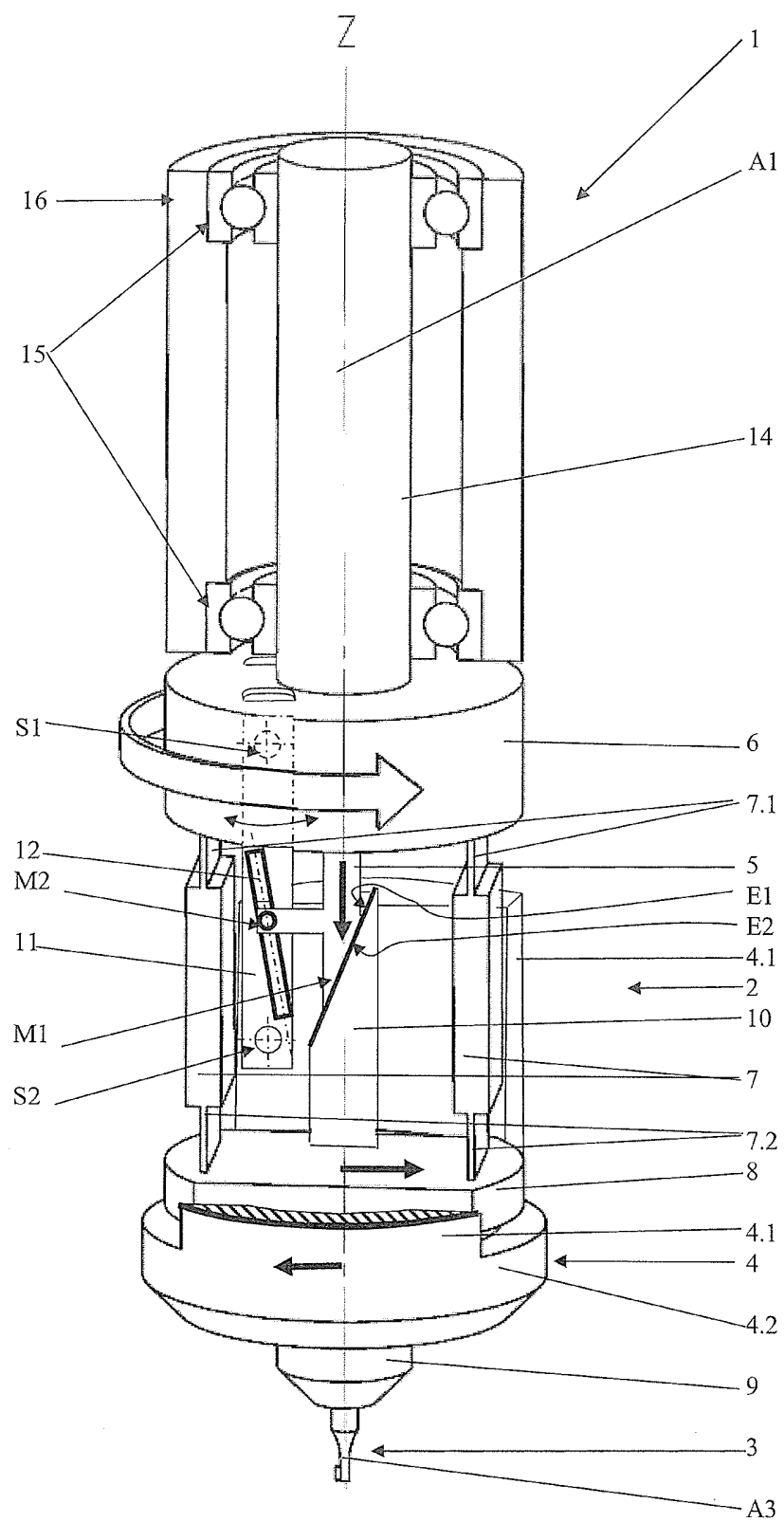


Fig. 1

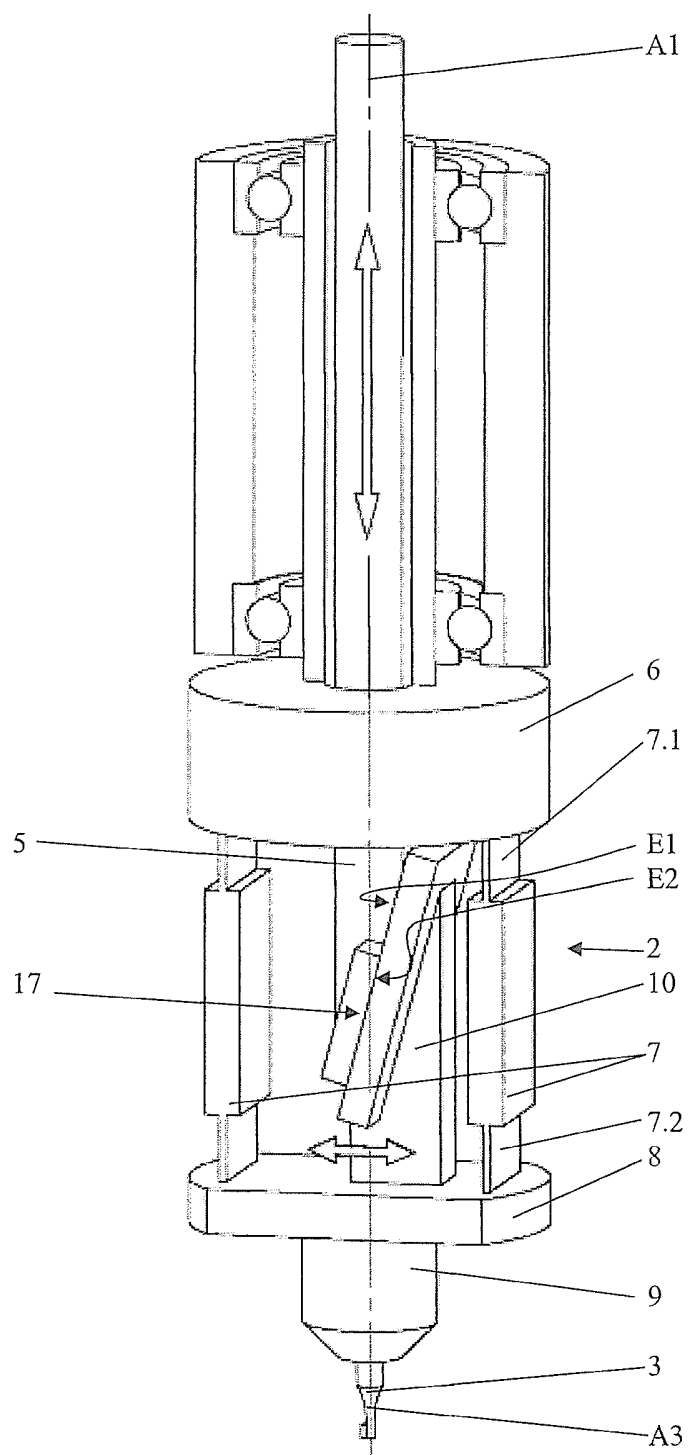


Fig. 2

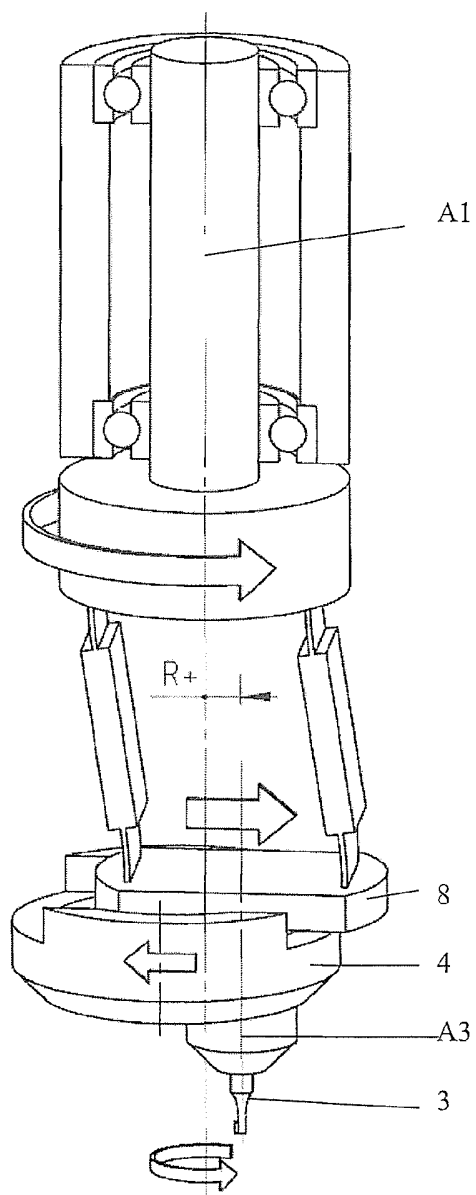


Fig. 3

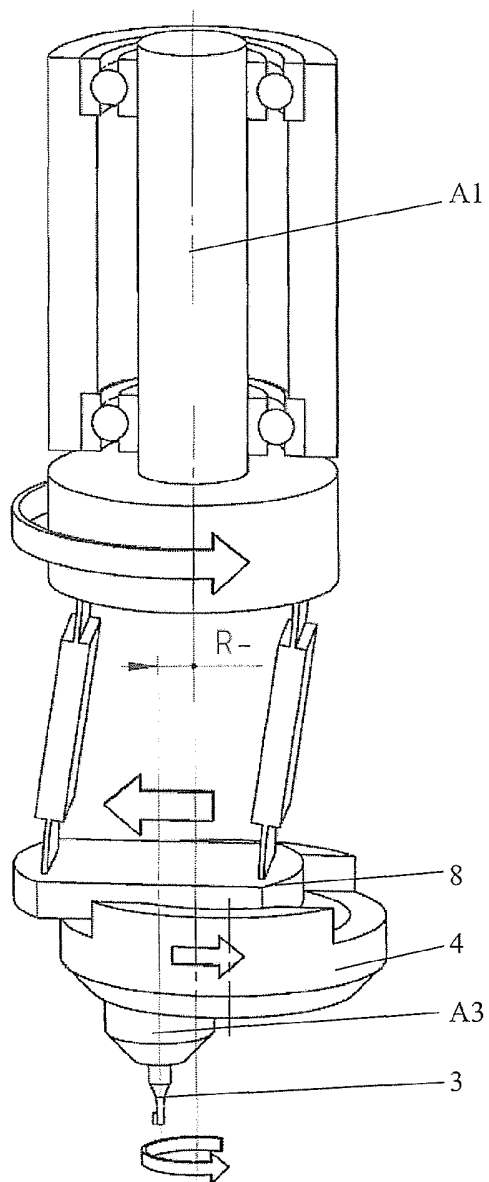


Fig. 4

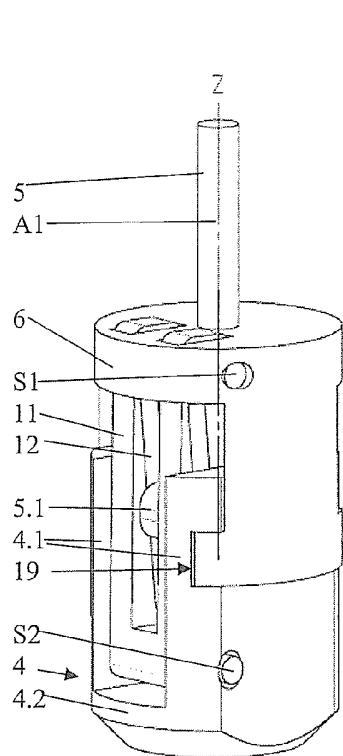


Fig. 5

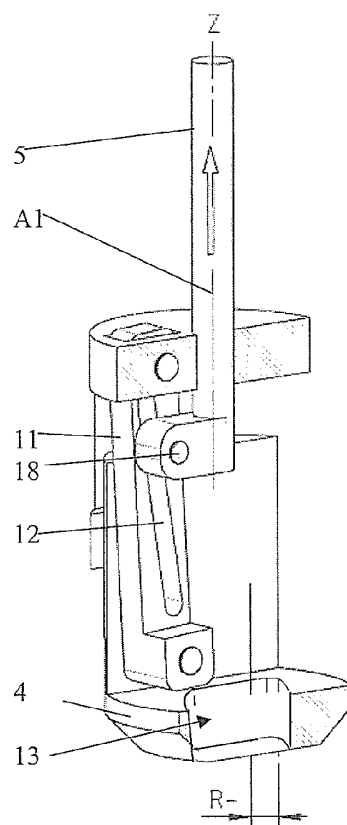


Fig. 6

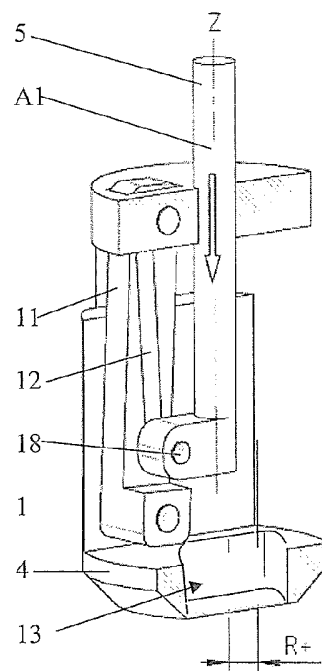


Fig. 7

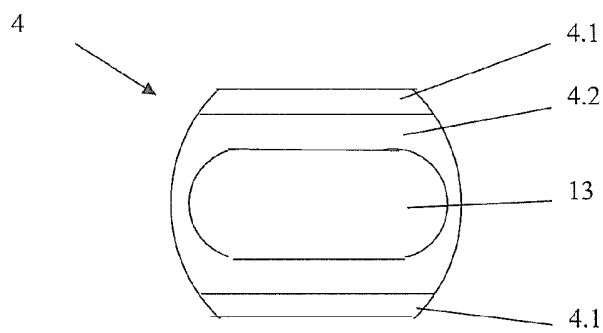


Fig. 8

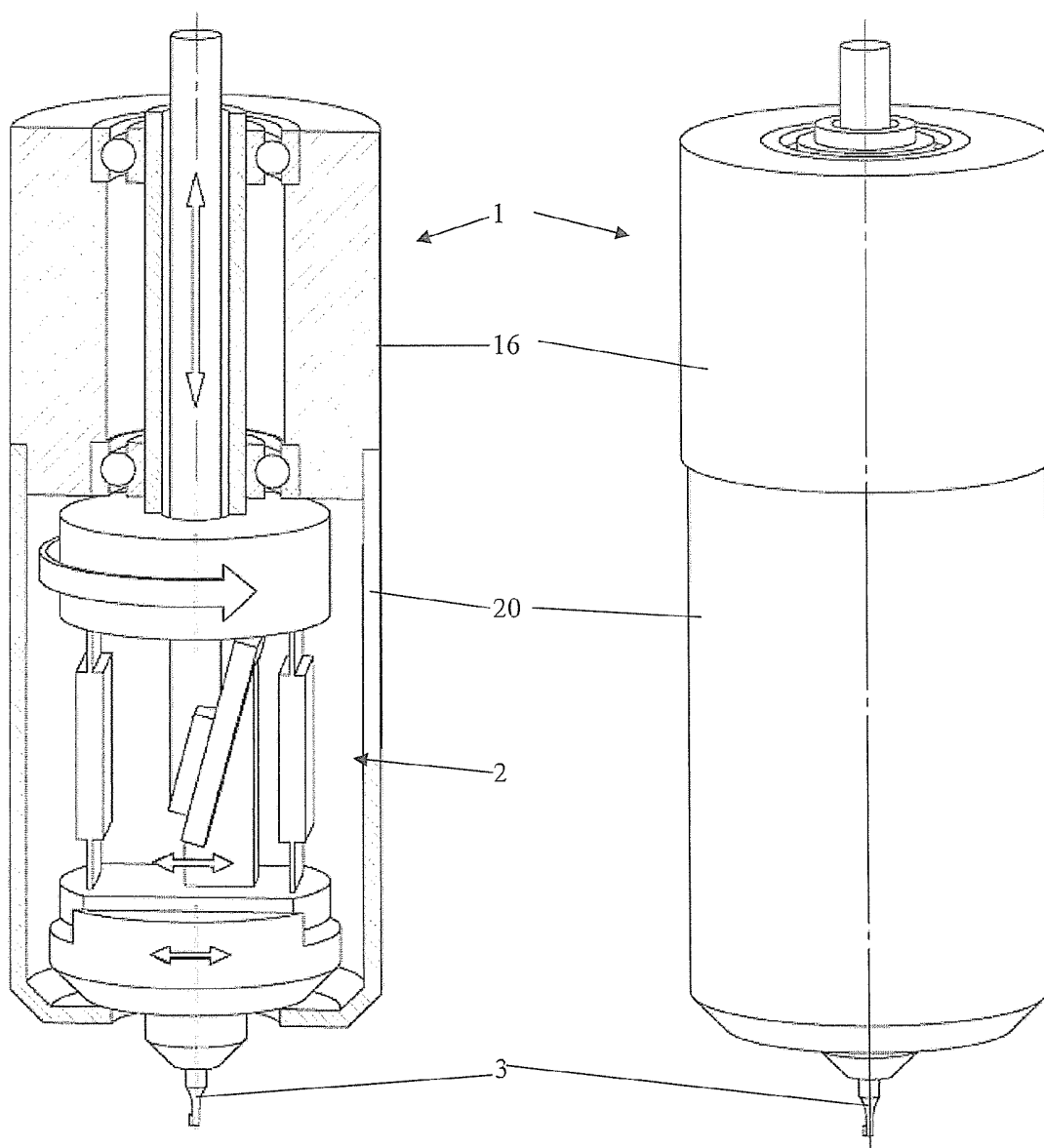


Fig. 9

Fig. 10

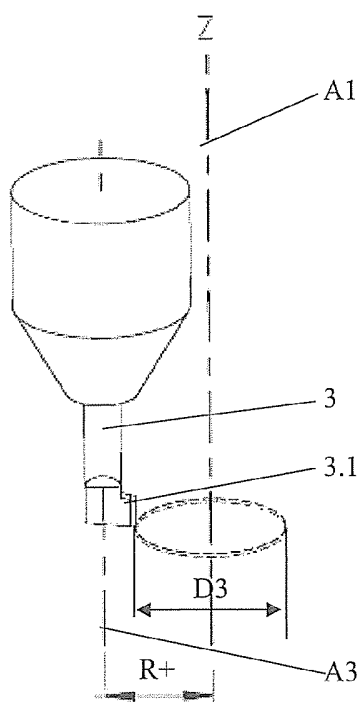


Fig. 13

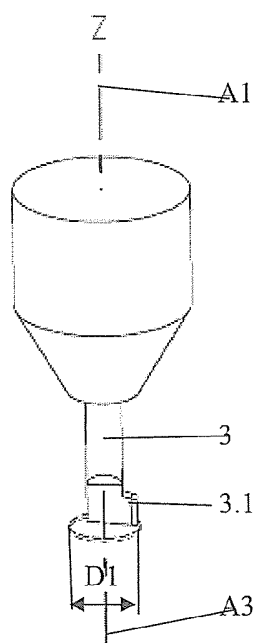


Fig. 11

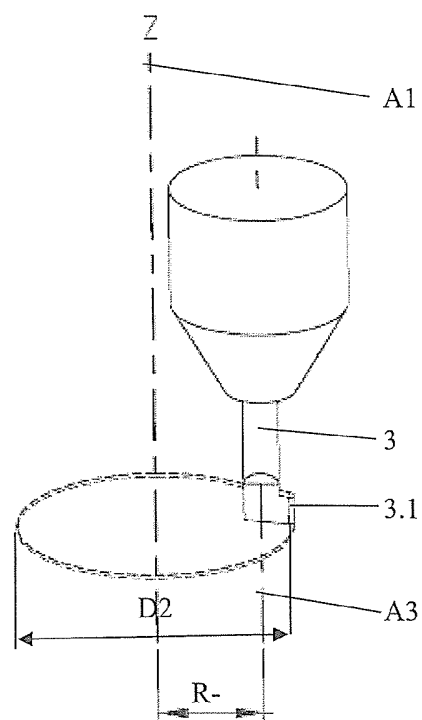


Fig. 12