

(19)



(11)

EP 3 658 330 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
22.12.2021 Patentblatt 2021/51

(51) Int Cl.:
B24B 33/02 (2006.01) B24B 33/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18746922.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2018/070371

(22) Anmeldetag: **27.07.2018**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2019/020779 (31.01.2019 Gazette 2019/05)

(54) **HONWERKZEUG**

HONING TOOL

OUTIL DE FINISSAGE

(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

- **BAUMGARTNER, Norbert**
73760 Ostfildern (DE)
- **NECKER, Joerg**
72622 Nuertingen (DE)

(30) Priorität: **27.07.2017 DE 102017117069**

(74) Vertreter: **DREISS Patentanwälte PartG mbB**
Friedrichstraße 6
70174 Stuttgart (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.06.2020 Patentblatt 2020/23

(73) Patentinhaber: **Gehring Technologies GmbH + Co. KG**
73760 Ostfildern (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 1 809 230 GB-A- 562 659
GB-A- 1 061 661 US-A- 2 002 567
US-A- 2 688 219 US-A- 3 430 401
US-A- 4 980 996

(72) Erfinder:
• **BAUMGARTNER, Erwin**
73760 Ostfildern (DE)

EP 3 658 330 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Honwerkzeug zum Honen der Innenfläche einer Öffnung in einem Werkstück nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Verfahren zum Honen der Innenfläche einer Öffnung in einem Werkstück mit einem derartigen Honwerkzeug.

[0002] Beim Honen wird das jeweilige Honwerkzeug in die zu bearbeitende Öffnung eingefahren. Hierzu kann das Honwerkzeug in die stationäre Öffnung bewegt werden oder das Werkstück mit der Öffnung derart gegenüber dem stationären Honwerkzeug bewegt werden, dass das Honwerkzeug einfährt. Anschließend wird die für die Honbearbeitung typische Bewegung einer Rotation mit überlagerter auf und ab Bewegung des Honwerkzeugs in der Öffnung durchgeführt. Auch hierbei kann das Werkstück oder das Honwerkzeug oder beides bewegt werden, so dass die entsprechende Relativbewegung zwischen Werkstück und Honwerkzeug vorliegt. Siehe z.B. GB-A-562 659.

[0003] Beim Honen von Öffnungen, insbesondere Bohrungen, sind diese Öffnungen in der Regel in vorherigen Arbeitsschritten bearbeitet worden, wobei häufig ein Sollmaß der Öffnungen durch die vorherigen Arbeitsschritte nicht mit ausreichender Sicherheit und Genauigkeit erreicht wird. Um sicher zu gehen, dass die zu Honen der Öffnung ein Sollmaß aufweist wird üblicherweise eine dem Honen vorgeschaltete Kontrollmessung durchgeführt. Oft sind bei der Honbearbeitung zwei Honoperationen erforderlich. Beispielsweise kann mit der ersten Honoperation eine Korrektur von Durchmesser und Formgenauigkeit angestrebt werden und mit der zweiten Honoperation die Oberfläche geglättet werden. Üblicherweise weisen Honmaschinen für jeden dieser Honschritte eine eigene Honstation mit einem jeweils eigenen Honwerkzeug auf. Häufig ist es gewünscht oder erforderlich das Ergebnis der jeweiligen Honbearbeitung an einer zusätzlichen Nachmessstation zu überprüfen. Die Durchführung dieser ggf. recht zahlreichen Arbeitsschritte erfordert komplex aufgebaute Honmaschinen und einen umfangreichen Werkstücktransport innerhalb der Honmaschine.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es ein Honwerkzeug bereitzustellen, welches einen möglichst effizienten Betrieb einer Honmaschine ermöglicht. Des Weiteren ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren bereitzustellen mit dem eine Öffnung möglichst effizient und mit geringer Bearbeitungsdauer bearbeitet werden kann. Diese Aufgaben werden durch das Honwerkzeug gemäß Anspruch 1 bzw. das Verfahren gemäß Anspruch 14 gelöst.

[0005] Das erfindungsgemäße Honwerkzeug ist mit einem sich in einer axialen Richtung erstreckenden Werkzeugkörper ausgebildet, der einen Honabschnitt, der eine Gruppe von Honleisten umfasst, aufweist, wobei das Honwerkzeug ein Werkstückkontrollelement zur Kontrolle der Größe und/oder Position der Öffnung umfasst, das an dem Werkzeugkörper, in axialer Richtung, gegenüber

dem Werkzeugkörper beweglich angeordnet ist.

[0006] Das vorliegende Werkstückkontrollelement dient also nicht der Überwachung des Honbearbeitungsvorgangs sondern der Prüfung, ob das zu bearbeitende Werkstück korrekt positioniert oder in einem vorigen Arbeitsschritt korrekt bearbeitet wurde. Diese Kontrolle kann mittels des Werkstückkontrollelements im Zuge des Einfahrvorgangs durchgeführt werden, so dass eine gesonderte Vorkontrolle entfallen kann. Das Werkstückkontrollelement ist also ausgebildet und angeordnet für eine Kontrolle des Einfahrvorgangs des Honwerkzeugs. Mittels des Werkstückkontrollelements ist es also möglich während dem Einfahrvorgang zu prüfen, ob dieser wie vorgesehen durchgeführt werden kann. Mit anderen Worten Im Gegensatz zu beispielsweise Messleisten, die eine Überprüfung des Honbearbeitungsvorgangs an sich ermöglichen, hat das Werkstückkontrollelement des erfindungsgemäßen Honwerkzeugs mit dem eigentlichen Bearbeitungsprozess des Honens nichts zu tun. Vielmehr ermöglicht es das Werkstückkontrollelement eine Vorabkontrolle der Ausrichtung bzw. der Bohrungsgröße des Werkstücks in den Einfahrvorgang des Honwerkzeugs integrieren. Herkömmlich wurde eine derartige Kontrolle, ob das Werkstück bzw. dessen Bohrung eine ausreichende Weite aufweist und/oder korrekt positioniert ist, um das Honwerkzeug einfahren zu können, in einem separaten Schritt mittels separater Messeinrichtungen durchgeführt.

[0007] Das erfindungsgemäße Honwerkzeug ist insbesondere ein Honwerkzeug zur Bearbeitung eines Öffnung in einem Zahnrad.

[0008] Das Werkstückkontrollelement kann insbesondere dazu dienen sicherzustellen, dass die Öffnung in dem Werkstück eine ausreichende Öffnungsweite aufweist, bspw. dass in vorhergehenden Bearbeitungsschritten ein Sollmaß erreicht wurde. Ebenso oder zusätzlich kann das Werkstückkontrollelement dazu dienen, einen Positionierungs- oder Ausrichtungsfehler der Öffnung des Werkstücks auszuschließen.

[0009] Insbesondere wenn die Öffnung in dem Werkstück keine ausreichende Öffnungsweite aufweist, kann es beim Einfahren von herkömmlichen Honwerkzeugen zu einer Beschädigung des Honwerkzeugs kommen. Aus diesem Grund wird üblicherweise an einer vorhergehenden Arbeitsstation die Öffnungsweite auf ein Sollmaß überprüft. Durch die bewegliche Lagerung des Werkstückkontrollelements kann das Honwerkzeug in die Öffnung eingefahren werden, wobei, falls die Öffnungsweite der Öffnung das vorgesehene Sollmaß unterschreitet, das Werkstückkontrollelement die Innenflächen der Öffnung kontaktiert, woraufhin der Einfahrvorgang abgebrochen werden kann. Durch die bewegliche Anordnung des Werkstückkontrollelements gegenüber dem Werkzeugkörper ist dabei sichergestellt, dass weder das Honwerkzeug noch das Werkstück beschädigt werden. Mit anderen Worten, das vorliegende Honwerkzeug bietet nun die Möglichkeit, mittels des Werkstückkontrollelements beim Einfahren auf ausreichende Weite

und korrekte Ausrichtung der Öffnung zu prüfen, ohne dass dabei eine Beschädigungsgefahr für die Bohrung oder die Honleisten besteht, die bei einer zu kleinen Öffnungsweite oder bei einer Schrägstellung der Öffnung durch "Anecken" an der Bohrungswand beschädigt werden können.

[0010] Der Begriff des Einfahrens des Honwerkzeugs in die Öffnung bzw. das entsprechende Verfahren oder Ausfahren des Honwerkzeugs ist dabei im Sinne der vorliegenden Anmeldung nicht einschränkend zu verstehen. Mit den obigen Begriffen ist eine Relativbewegung zwischen Honwerkzeug und Werkstück gemeint. Es kann also beispielsweise das Werkstück stationär gehalten und das Honwerkzeug bewegt werden oder das Honwerkzeug stationär gehalten und das Werkstück bewegt werden. Es ist auch denkbar Honwerkzeug und Werkstück gleichzeitig zu bewegen.

[0011] Im Sinne der vorliegenden Anmeldung ist auch bei der Honbearbeitung eine Relativbewegung zwischen Honwerkzeug und Werkstück gemeint, wobei das Honwerkzeug und/oder das Werkstück bewegt werden kann. Die Honbearbeitung umfasst dabei eine Überlagerung aus translatorischer und rotatorischer Relativbewegung zwischen Werkstück und Honwerkzeug.

[0012] Das Werkstückkontrollelement ist mit einer Detektiereinrichtung gekoppelt, wobei die Detektiereinrichtung ausgebildet ist, um eine Bewegung des Werkstückkontrollelements gegenüber dem Werkzeugkörper zu erfassen. Die Detektiereinrichtung ist mit einer Steuereinrichtung derart gekoppelt, dass die Steuereinrichtung das Einfahren des Honwerkzeugs in die Öffnung unterbricht, wenn die Detektiereinrichtung eine Bewegung des Werkstückkontrollelements gegenüber dem Werkzeugkörper erfasst.

[0013] Das Werkstückkontrollelement ist außerdem eine Ausgangstellung vorgespannt und derart an dem Werkzeugkörper angeordnet, dass das Werkstückkontrollelement aus der Ausgangstellung bewegt wird, wenn das Werkstückkontrollelement, insbesondere bei einem Einfahrtvorgang des Honwerkzeugs in die Öffnung des Werkstücks, in Kontakt mit dem Werkstück kommt. Wenn das Werkstückkontrollelement aus der Ausgangsstellung bewegt wird, kann dies detektiert werden und der Einfahrtvorgang des Honwerkzeugs in das Werkstück kann abgebrochen werden. Eine Beschädigung von Werkstück oder Honwerkzeug wird damit zuverlässig vermieden.

[0014] Optional ist, wenn das Werkstückkontrollelement federnd gelagert an dem Werkzeugkörper angeordnet ist. Dadurch ist das Werkstückkontrollelement stets in eine vorgesehene Position gespannt und bietet einen gewissen Widerstand gegen eine Bewegung. Die federnde Lagerung kann über mechanische Federn, vorzugsweise metallische Federn, realisiert sein. Mechanische Federn können dabei bspw. als Spiral- oder Blattfedern ausgebildet sein. Denkbar ist auch, dass das Werkstückkontrollelement über ein elastisches Polymermaterial federnd gelagert ist. Denkbar ist ebenso eine

pneumatische oder hydraulische Federung des Werkstückkontrollelements. Denkbar ist auch eine magnetische oder elektromagnetische Federung des Werkstückkontrollelements.

[0015] Optional ist, wenn das Werkstückkontrollelement einen Kontaktabschnitt zum Kontaktieren des Werkstücks aufweist, der sich von einem werkstückseitigen Ende des Werkzeugkörpers aus entlang der axialen Richtung gesehen in einer radialen Richtung erweitert. Ein entsprechendes Werkstückkontrollelement kann quasi mit seiner "Spitze" in das Werkstück eingefahren werden und der Kontaktabschnitt kontaktiert den Rand der Öffnung, falls die Öffnungsweite ein Sollmaß unterschreitet.

[0016] Optional ist, wenn das Werkstückkontrollelement ringartig ausgebildet ist, vorzugsweise und sich um den Werkzeugkörper herum erstreckt. Hierdurch wird eine Kontrolle der Öffnung des Werkstücks um den Umfang des Honwerkzeugs erreicht. Vorzugsweise erstreckt sich der vorher beschriebene Kontaktabschnitt um das Honwerkzeug herum, wobei der Kontaktabschnitt in umfänglicher Richtung stellenweise Unterbrechungen aufweisen kann. Die Unterbrechungen können dazu dienen einen Durchlass für Kühlschmierstoff zu bilden, so dass sich dieser bei der Honbearbeitung nicht oberhalb des Werkstückkontrollelements stauen kann.

[0017] Das Werkstückkontrollelement kann auch kegel- oder kegelstumpfförmig ausgebildet sein. Möglich ist auch eine Ausbildung des Werkstückkontrollelements in Form eines Kugelabschnitts. Vorzugsweise weist das Werkstückkontrollelement einen sich, beim Blick vom Werkstück in axialer Richtung, in axialer Richtung aufweitenden radialen Querschnitt auf. Vorzugsweise ist ein Werkstückkontrollelement gemäß den in diesem Absatz genannten Ausführungsformen am werkstückseitigen Ende des Werkzeugkörpers angeordnet bzw. bildet den in axialer Richtung gesehen dem Werkstück am weitesten zugewandten Teil des Honwerkzeugs.

[0018] Optional ist, wenn das Werkstückkontrollelement in axialer Richtung zwischen dem werkstückseitigen Ende des Werkzeugkörpers und dem Honabschnitt angeordnet ist, oder dass das Werkstückkontrollelement ein werkstückseitiges Ende des Werkzeugkörpers bildet. Hierdurch ist das Werkstückkontrollelement in Einfahr-Richtung vor dem Honabschnitt ausgebildet und eine Beschädigung der Honleisten, beispielsweise durch eine zu geringe Öffnungsweite der zu bearbeitenden Öffnung, wird sicher ausgeschlossen.

[0019] Optional ist, wenn das Honwerkzeug einen zweiten Honabschnitt, der eine zweite Gruppe von Honleisten umfasst, aufweist, wobei der erste Honabschnitt in der axialen Richtung beabstandet zu dem zweiten Honabschnitt an dem Werkzeugkörper angeordnet ist. Hierdurch kann mit demselben Honwerkzeug eine weitere Honoperation durchgeführt werden, ohne dass das Honwerkzeug aus der Öffnung ausgefahren werden müsste oder ein sonstiger Zwischenschritt notwendig ist.

[0020] Optional ist, wenn das Honwerkzeug einen drit-

ten Honabschnitt, der eine dritte Gruppe von Honleisten umfasst, aufweist, wobei der erste Honabschnitt und der zweite Honabschnitt in der axialen Richtung beabstandet zu dem dritten Honabschnitt an dem Werkzeugkörper angeordnet ist. Hierdurch kann mit demselben Honwerkzeug eine weitere Honoperation durchgeführt werden, ohne dass das Honwerkzeug aus der Öffnung ausgefahren werden müsste oder ein sonstiger Zwischenschritt notwendig ist. Entsprechend angeordnete vierte, fünfte und weitere Honabschnitte sind denkbar, wobei die Honabschnitte vorzugsweise unterschiedliche Honoperationen durchführen können.

[0021] Bevorzugterweise ist der erste Honabschnitt in axialer Richtung zwischen dem Werkstückkontrollelement und dem zweiten Honabschnitt angeordnet. Vorteilhafterweise ist der erste Honabschnitt zur Durchführung einer Vorhonoperation ausgebildet und der zweite Honabschnitt zur Durchführung einer Fertighonoperation ausgebildet.

[0022] Die Honleisten der beiden Honabschnitte können in Umfangsrichtung versetzt zueinander angeordnet sein oder in Umfangsrichtung in beiden Honabschnitten gleich angeordnet sein.

[0023] Optional ist, wenn das Werkstückkontrollelement mit einem pneumatischen oder hydraulischen Stellelement derart gekoppelt ist, dass das pneumatische oder hydraulische Stellelement einen Strömungsquerschnitt eines pneumatischen oder hydraulischen Kontrollmediumkanals verändert, wenn das Werkstückkontrollelement aus der Ausgangstellung bewegt wird. Bevorzugt ist der Kontrollmediumkanal mit Druckluft beaufschlagbar. Das Stellelement ist vorzugsweise stabartig ausgebildet und mit dem Werkstückkontrollelement bewegungsgekoppelt. Vorzugsweise ist das Stellelement derart angeordnet, dass es sich in den Bereich einer Kreuzung des Kontrollmediumkanals erstreckt, wenn das Werkstückkontrollelement bzw. das Stellelement aus seiner Ausgangsstellung bewegt ist. Vorzugsweise unterbricht das Stellelement die Kreuzung des Kontrollmediumkanals, wenn das Werkstückkontrollelement bzw. das Stellelement aus seiner Ausgangsstellung bewegt ist.

[0024] Optional ist, wenn das Honwerkzeug wenigstens eine Luftmessdüse umfasst, die in axialer Richtung gesehen versetzt zu den Honleisten, insbesondere von einem werkstückseitigen Ende des Werkzeugkörpers aus gesehen hinter den Honleisten eines der Honabschnitte, vorzugsweise aller Honabschnitte, angeordnet ist, und/oder dass es wenigstens eine Luftmessdüse umfasst, die in axialer Richtung gesehen neben den Honleisten des Honabschnitts bzw. eines der Honabschnitte, angeordnet ist, vorzugsweise wobei das Honwerkzeug wenigstens eine Luftmessdüse je Honabschnitt umfasst, die in axialer Richtung gesehen neben den Honleisten des jeweiligen Honabschnitts angeordnet ist. Mit einer Luftmessdüse im Sinne der vorliegenden Anmeldung können vorliegend wenigstens zwei fluidisch miteinander kommunizierende Düsen gemeint sein, die vorzugs-

weise sich in umfänglicher Richtung gesehen gegenüber liegen.

[0025] Mit "hinter den Honleisten" ist dabei eine Anordnung gemeint, bei der die entsprechende Luftmessdüse von dem werkstückseitigen Ende des Honwerkzeugs aus gesehen hinter den Honleisten liegt. Eine derartige Luftmessdüse eignet sich besonders zum nachgelagerten Vermessen des Ergebnisses eines Honvorgangs. Eine derartige Luftmessdüse wird auch als Luftmessdüse zum Nachmessen bezeichnet.

[0026] Mit "in axialer Richtung gesehen neben den Honleisten" ist eine Anordnung der entsprechenden Luftmessdüse gemeint, bei der sich die Luftmessdüse also in axialer Richtung gesehen im Bereich innerhalb der axialen Erstreckung der Honleisten befindet. Eine derartige Luftmessdüse ist in Umfangsrichtung gesehen zwischen den Honleisten angeordnet. Eine derartige Luftmessdüse eignet sich besonders zum InProzess vermessen des Ergebnisses eines Honvorgangs. Eine derartige Luftmessdüse wird auch als Luftmessdüse zum InProzessmessen bezeichnet, wobei sie auch zu Nachkontrolle des Ergebnisses einer Honoperation verwendbar ist.

[0027] Die Luftmessdüse zum Nachmessen erstreckt sich dabei vorzugsweise in radialer Richtung weiter auswärts als eine Luftmessdüse zum In-Prozess-messen. Vorzugsweise sind auch die Düsenquerschnitte der Luftmessdüsen zum Nachmessen kleiner als die Düsenquerschnitte der Luftmessdüsen zum Inprozess-Messen. Hierdurch kann beim Nachmessen eine höhere Genauigkeit erreicht werden.

[0028] Bevorzugterweise ist das Stellelement derart angeordnet, dass es, wenn das Werkstückkontrollelement bzw. das Stellelement aus seiner Ausgangsstellung bewegt ist, eine Verbindung zwischen einer Luftmessdüse und einem Teil eines Messluftkanals trennt. Dabei kann die von dem Messluftkanal getrennte Luftmessdüse eine Luftmessdüse zum Nachmessen oder zum In-Prozess-messen mit entsprechender Anordnung relativ zu den Honleisten sein.

[0029] Das stabartige Stellelement sollte derart lang ausgeführt sein, dass nach der Unterbrechung des Kontrollmediumkanals noch ein ausreichender zusätzlicher Stellweg bis zum Unterbrechen des Einfahrens des Honabschnitts zurückgelegt werden kann. Vorzugsweise ist der Honabschnitt wenigstens ein Sechstel, vorzugsweise ein Viertel, seiner axialen Erstreckung weit vom dem Werkstückkontrollelement beabstandet, vorzugsweise auch, wenn dieses aus seiner Ausgangsstellung ausgelenkt ist.

[0030] Optional ist, wenn das Stellelement mit dem das Werkstückkontrollelement gekoppelt ist ein pneumatisches Stellelement ist und der Kontrollmediumkanal, dessen Strömungsquerschnitt das Stellelement verändert, pneumatisch mit einem Messluftkanal verbunden ist, über den wenigstens eine Luftmessdüse, vorzugsweise mehrere Luftmessdüsen, mit Messluft beaufschlagbar ist. Hierdurch wird die Konstruktion des erfindungsgemäßen Honwerkzeugs besonders einfach, da

wenige Kanäle Druckluft in dem Honwerkzeug müssen.

[0031] Optional ist, wenn das Honwerkzeug eine Zustelleinrichtung umfasst, über welche die jeweiligen Honleisten der beiden Honabschnitte unabhängig voneinander oder stets gleichzeitig in radialer Richtung zustellbar sind. Sind die Honleisten der einzelnen Honabschnitte getrennt voneinander zustellbar, so kann je nach Bedarf nur der entsprechende Honabschnitt zugestellt werden. Sind über die Zustelleinrichtung die Honleisten der Honabschnitte stets gleichzeitig in radialer Richtung zustellbar, so kann das Honwerkzeug, insbesondere die Zustelleinrichtung einfacher und robuster ausgebildet werden. Eine Zustelleinrichtung kann beispielsweise ein piezobasierter Aktuator für die Honleisten sein, was sich besonders eignet, wenn die Honleisten einzelnen zustellbar soll sein sollen.

[0032] Optional ist, wenn die Zustelleinrichtung je Honabschnitt einen Zustellkonus aufweist, der ausgebildet ist, um mit Keilflächen der Honleisten zusammenwirken, um eine axiale Bewegung eines Zustellelements in eine radiale Zustellung der Honleisten umzusetzen, vorzugsweise wobei die Zustellkonen der Honabschnitte auf einem einzigen Zustellelement derart angeordnet sind, dass bei einer Bewegung des Zustellelements beide Zustellkonen bewegt werden. Hierdurch kann das Honwerkzeug besonders einfach aufgebaut und daher kostengünstig hergestellt werden.

[0033] Optional ist, wenn das Honwerkzeug einen Bürstenabschnitt umfasst. Über den Bürstenabschnitt kann die Öffnung nach dem Honen noch geglättet und/oder entgratet werden. Vorzugsweise ist der bzw. sind die Honabschnitte und die Luftmessdüse(n) in axialer Richtung gesehen zwischen dem Bürstenabschnitt und dem werkstückseitigen Ende des Werkzeugkörpers angeordnet.

[0034] Optional ist, wenn im Bereich des werkstückseitigen Endes des Werkzeugkörpers eine Werkzeugführung an dem Honwerkzeug angeordnet ist. Eine derartige Werkzeugführung ist vorgesehen, um das Honwerkzeug starr gegenüber einer Führungsbuchse zu lagern. Eine derartige Ausführung des Honwerkzeugs wird meist mit einer schwimmenden oder kardanischen Lagerung des Werkstückes zusammen verwendet. Teil der Erfindung ist daher auch eine Honmaschine mit einem Honwerkzeug, das mit der eben beschriebenen Werkzeugführung ausgebildet ist, und einer Führungsbuchse, die ausgebildet ist, um die Werkzeugführung aufzunehmen. Vorzugsweise weist eine derartige Honmaschine eine Einrichtung zur schwimmenden oder kardanischen Lagerung des Werkstücks auf.

[0035] Teil der Erfindung ist auch ein Verfahren zur Honbearbeitung der Innenfläche einer Öffnung in einem Werkstück, insbesondere einem Zahnrad, mit einem Honwerkzeug gemäß einer oder mehrerer der voranstehend beschriebenen Ausführungsformen, wobei das Verfahren nacheinander folgende Schritte umfasst:

a) axiales Einfahren des Honwerkzeugs in die Öff-

nung und Vorkontrolle der Größe und/oder Position der Öffnung in dem Werkstück mittels des Werkstückkontrollelements;

b) Honen der Öffnung mit den Honleisten des Honabschnitts, vorzugsweise Messung der Öffnungsweite über eine Luftmessdüse;

vorzugsweise c) axiales Verfahren des Honwerkzeugs, insbesondere weiteres axiales Einfahren des Honwerkzeugs in die Öffnung, und Nachmessen der Öffnungsweite über eine Luftmessdüse, die von dem Honabschnitt aus Schritt b) in axialer Richtung beabstandet ist;

vorzugsweise d) axiales Verfahren des Honwerkzeugs, insbesondere weiteres axiales Einfahren des Honwerkzeugs in die Öffnung, und anschließendes Honen der Öffnung mit den Honleisten des zweiten Honabschnitts, vorzugsweise Messung der Öffnungsweite über eine Luftmessdüse, die in axialer Richtung gesehen neben den Honleisten des zweiten Honabschnitts angeordnet ist;

vorzugsweise e) Nachmessen der Öffnungsweite über eine Luftmessdüse, die in axialer Richtung gesehen neben den Honleisten des zweiten Honabschnitts aus Schritt d) angeordnet ist, oder axiales Verfahren des Honwerkzeugs, insbesondere weiteres axiales Einfahren des Honwerkzeugs in die Öffnung, und Nachmessen der Öffnungsweite über eine Luftmessdüse, die von dem zweiten Honabschnitt aus Schritt d) in axialer Richtung beabstandet ist;

vorzugsweise f) axiales Verfahren des Honwerkzeugs, insbesondere weiteres axiales Einfahren des Honwerkzeugs in die Öffnung, und anschließendes Bürsten der Öffnung mit dem Bürstenabschnitt des Honwerkzeugs;

g) axiales Ausfahren des Honwerkzeugs aus der Öffnung.

[0036] Dabei ist mit "nacheinander folgende Schritte" gemeint, dass die genannten Schritte in der genannten Reihenfolge zeitlich nacheinander erfolgen, es können jedoch weitere Schritte zwischen den genannten Schritten durchgeführt werden. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, mit einem einzigen Einfahrvorgang eine Vorkontrolle sowie eine Honbearbeitung und gegebenenfalls eine oder ggf. mehrere In-Prozess-Messungen oder Nachmessung(en) sowie ggf. eine weitere Honbearbeitung durchzuführen. Herkömmlicher Weise waren für eine derartige Abfolge an Bearbeitungs- und Messschritten einzelne Arbeitsschritte, die häufig mit Werkstückweitertransport verbunden waren, notwendig.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, die komplette Bearbeitung an einer einzigen Arbeitsstation mit einem einzigen Ein- und Ausfahrvorgang des Honwerkzeugs durchzuführen.

[0037] Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die anhand der Zeichnung erläutert werden, wobei die Merkmale sowohl in Alleinstellung als auch in unterschiedlichen Kombinationen für die Erfindung wesentlich sein können, ohne dass hierauf nochmals explizit hingewiesen wird. Es zeigen:

- Figur 1 eine Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Honwerkzeugs;
- Figur 2 eine Schnittdarstellung des Honwerkzeugs aus Figur 1;
- Figur 3 eine Schnittdarstellung des Honwerkzeugs aus Figur 1 in einer weiteren Schnittebene;
- Figur 4 eine Schnittdarstellung des Honwerkzeugs aus Figur 1 in einer weiteren Schnittebene;
- Figur 5 eine Schnittdarstellung des Honwerkzeugs aus Figur 1 in einer weiteren Schnittebene;
- Figur 6 eine Schnittdarstellung eines weiteren erfindungsgemäßen Honwerkzeugs;
- Figur 7 eine Skizze eines Ablaufs des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Figur 8 eine Skizze eines alternativen Ablaufs des erfindungsgemäßen Verfahrens; und
- Figur 9 eine Skizze eines alternativen Ablaufs des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0038] In den folgenden Figuren tragen sich entsprechende Bauteile und Elemente gleiche Bezugszeichen. Der besseren Übersichtlichkeit wegen sind nicht in allen Figuren sämtliche Bezugszeichen wiedergegeben.

[0039] Figur 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Honwerkzeug 10 zum Honen der Innenfläche 12 einer Öffnung 14 in einem Werkstück 16, wobei das Werkstück 16 in Figur 1 nicht dargestellt ist. Das Honwerkzeug 10 weist einen Werkzeugkörper 17 auf, der sich in einer axialen Richtung A von einem werkstückseitigen Ende 18 zu einem werkstückabgewandten Ende 20 erstreckt. Am werkstückabgewandten Ende 20 weist das Honwerkzeug 10 einen Kopplungsabschnitt 22 auf und ein Zustellstift 24 ragt aus dem Honwerkzeug heraus.

[0040] An den Kopplungsabschnitt 22 angrenzend umfasst das Honwerkzeug 10 einen Anschlussabschnitt 25. Im Bereich des Anschlussabschnitts 25 umfasst das Honwerkzeug 10 einen ersten Anschluss 26 für Messluft

und einen zweiten Anschluss 28 für Messluft. Ebenfalls im Bereich des Anschlussabschnitts 25 sind Anschlüsse 30 für Kühlschmierstoff angeordnet.

[0041] An den Anschlussabschnitt 25 angrenzend umfasst das Honwerkzeug 10 einen Funktionsabschnitt 32. In dem Funktionsabschnitt 32 sind bei der vorliegenden Ausführungsform ein Werkstückkontrollelement 34, ein erster Honabschnitt 36, ein zweiter Honabschnitt 38 und ein Bürstenabschnitt 40 angeordnet. In dem Funktionsabschnitt 32 sind außerdem eine In-Prozess Messanordnung 42 mit einer ersten Luftmessdüse 44 bzw. mehreren ersten Luftmessdüsen 44, und eine Nachmessanordnung 46 mit einer zweiten Luftmessdüse 48 bzw. mehreren zweiten Luftmessdüsen 48 angeordnet.

[0042] Von dem Funktionsabschnitt 32 erstreckt sich eine Werkzeugführung 50 bis zum werkstückseitigen Ende 18 des Honwerkzeugs 10. Die Werkzeugführung 50 ist ausgebildet, um mit einer Führungsbuchse zusammenzuwirken und das Honwerkzeug 10 axial auszurichten, wenn die Werkzeugführung 50 in einer entsprechenden Führungsbuchse aufgenommen ist.

[0043] Der erste Honabschnitt 36 weist eine Gruppe von ersten Honleisten 52 auf. Der zweite Honabschnitt 38 weist eine Gruppe von zweiten Honleisten 54 auf. Der erste Honabschnitt 36 kann dabei mit Honleisten 52, die zur Durchführung einer Vorhonbearbeitung ausgebildet sind, versehen sein. Der zweite Honabschnitt 38 kann mit Honleisten 54, die zur Durchführung einer Fertighonbearbeitung ausgebildet sind, versehen sein.

[0044] Der erste Honabschnitt 36 ist in der axialen Richtung A beabstandet zu dem zweiten Honabschnitt 38 an dem Werkzeugkörper 17 angeordnet.

[0045] Das Werkstückkontrollelement 34 ist gegenüber dem Werkzeugkörper 17 beweglich angeordnet. Vorliegend ist das Werkstückkontrollelement 34 federnd gelagert an dem Werkzeugkörper 17 angeordnet ist. Hierzu ist das Werkstückkontrollelement 34 vorliegend über mehrere Spiralfedern 56 mit dem Werkzeugkörper 17 verbunden.

[0046] Das Werkstückkontrollelement 34 ist in eine Ausgangstellung AS vorgespannt, die vorliegend der in Figur 1 gezeigten Stellung entspricht. Die Vorspannung ist in diesem Beispiel über die Spiralfedern 56 realisiert.

[0047] Das Werkstückkontrollelement 34 ist derart an dem Werkzeugkörper 17 angeordnet, dass das Werkstückkontrollelement 34 aus der Ausgangstellung AS bewegt wird, wenn das Werkstückkontrollelement 34 in Kontakt mit dem Werkstück 16 kommt.

[0048] Das Werkstückkontrollelement 34 weist einen Kontaktabschnitt 58 zum Kontaktieren des Werkstücks 16 auf. Von dem werkstückseitigen Ende 18 des Werkzeugkörpers 17 aus entlang der axialen Richtung gesehen erweitert sich der Kontaktabschnitt 58 in einer radialen Richtung R.

[0049] Das Werkstückkontrollelement 34 ist vorliegend ringartig ausgebildet und erstreckt sich um den Werkzeugkörper 17 herum.

[0050] Vorliegend ist das Werkstückkontrollelement

34 in axialer Richtung A zwischen dem werkstückseitigen Ende 18 des Werkzeugkörpers 17 und dem ersten Honabschnitt 36 angeordnet. Es ist jedoch bspw. ebenso im Sinne der Erfindung, wenn das Werkstückkontrollelement 34 das werkstückseitige Ende 18 des Werkzeugkörpers 17 bildet.

[0051] Figur 2 zeigt eine Schnittdarstellung durch das Honwerkzeug 10 entlang der Linie II-II. In der Schnittebene von Figur 2 ist der Verlauf eines ersten Messluftkanals 60 erkennbar. Der Messluftkanal 60 verbindet den ersten Anschluss 26 für Messluft mit den zweiten Luftmessdüsen 48 der Nachmessanordnung 46.

[0052] Figur 3 zeigt ebenfalls eine Schnittdarstellung durch das Honwerkzeug 10 entlang der Linie II-II. Die Schnittebene von Figur 3 ist jedoch gegenüber der von Figur 2 in einer Umfangsrichtung U versetzt. In der Schnittebene von Figur 3 ist der Verlauf eines zweiten Messluftkanals 62 erkennbar. Der Messluftkanal 62 verbindet den zweiten Anschluss 28 für Messluft mit den ersten Luftmessdüsen 44 der In-Prozess Messanordnung 42.

[0053] In Figur 3 ist erkennbar, dass das Werkstückkontrollelement 34 mit einem pneumatischen Stellelement 64 bzw. mehreren derartigen Stellelementen 64 derart gekoppelt ist, dass das pneumatische Stellelement 64 einen Strömungsquerschnitt eines pneumatischen Kontrollmediumkanals 66 verändert, wenn das Werkstückkontrollelement aus der Ausgangstellung AS bewegt wird. Vorliegend ist der Kontrollmediumkanal 66 durch einen Teil des Messluftkanals 62 gebildet. Das Stellelement 64 ist stabartig ausgebildet und ragt in den Bereichen einer T-Kreuzung 68 des Messluftkanals 62 hinein. Wird das Werkstückkontrollelement 34 in Richtung des werkstückabgewandten Endes 20 des Werkzeugkörpers 17 verschoben, so bewegt sich das Stellelement 64 derart in den Bereich der T-Kreuzung 68, dass die T-Kreuzung 68 verschlossen wird. Dieses Verschließen der T-Kreuzung 68 ist über einen nicht dargestellten Druckaufnehmer detektierbar. Die durch das Stellelement 64 verschließbare Gabelung der T-Kreuzung 68 bildet vorliegend den Kontrollmediumkanal 66, der durch das Stellelement 64 in seinem Strömungsquerschnitt veränderbar ist.

[0054] Figur 4 zeigt ebenfalls eine Schnittdarstellung durch das Honwerkzeug 10 entlang der Linie II-II. Die Schnittebene von Figur 4 ist jedoch gegenüber denen von Figur 2 und 3 in der Umfangsrichtung U versetzt. In der Schnittebene von Figur 4 ist der Verlauf eines Kühlschmierstoffkanals 70 erkennbar. Der Kühlschmierstoffkanal 70 verbindet die Anschlüsse 30 für Kühlschmierstoff mit Auslässen 72 für Kühlschmierstoff, wobei die Auslässe 72 jeweils im Bereich der Honabschnitte 36 und 38 angeordnet sind.

[0055] Figur 5 zeigt ebenfalls eine Schnittdarstellung durch das Honwerkzeug 10 entlang der Linie II-II. Die Schnittebene von Figur 5 ist jedoch gegenüber denen von Figur 2, 3 und 4 in der Umfangsrichtung U versetzt.

[0056] In Figur 5 ist erkennbar, dass das Honwerkzeug

10 eine Zustelleinrichtung 74 umfasst, über welche die jeweiligen Honleisten 52, 54 der beiden Honabschnitte 36 und 38 stets gleichzeitig in radialer Richtung R zustellbar sind.

[0057] Die Zustelleinrichtung 74 weist ein Zustellelement 75 auf, das einen ersten Zustellkonus 76 und einen zweiten Zustellkonus 78 aufweist, wobei der erste Zustellkonus 76 den Honleisten 52 des ersten Honabschnitts 36 zugeordnet ist und der zweite Zustellkonus 78 den Honleisten 54 des zweiten Honabschnitts 38.

[0058] Die jeweiligen Zustellkonen 76 bzw. 78 sind ausgebildet, um mit Keiflächen 80 bzw. 82 der Honleisten 52 bzw. 54 zusammenwirken, um eine axiale Bewegung des Zustellelements 75 in eine radiale Zustellung der Honleisten 52 bzw. 54 umzusetzen. Dabei sind die Zustellkonen 76 bzw. 78 beider Honabschnitte 36 und 38 auf dem einzigen Zustellelement 75 derart angeordnet, dass bei einer Bewegung des Zustellelements 75 beide Zustellkonen 76 bzw. 78 bewegt werden. Die Bewegung des Zustellelements 75 kann über eine Betätigung des Zustellstifts 24 gesteuert werden. Am unteren Ende des Zustellelements befindet sich vorliegend ein Führungszapfen, der das Zustellelement in stabile koaxialer Lage im Innern des Werkzeugkörpers führt.

[0059] Figur 6 zeigt eine Schnittdarstellung durch eine alternative Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Honwerkzeugs 10 entlang der Linie II-II. Die Schnittebene von Figur 6 entspricht der von Figur 2.

[0060] Die in Figur 6 gezeigte Ausführungsform unterscheidet sich von der Ausführungsform der Figuren 1-5 dadurch, dass in dem zweiten Honabschnitt 38 eine weitere In-Prozess Messanordnung 84 mit einer entsprechenden Luftmessdüse 86 angeordnet ist. Bei der Ausführungsform von Figur 6 ist dafür keine Nachmessanordnung 46 vorgesehen. Jedoch kann auch eine Nachmessanordnung 46 zusätzlich zur weiteren In-Prozess Messanordnung 84 vorgesehen sein.

[0061] In den Figuren 7, 8 und 9 ist jeweils der Ablauf eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Honbearbeitung der Innenfläche 12 einer Öffnung 14 in einem Werkstück 16 mit einem erfindungsgemäßen Honwerkzeug 10, das beispielsweise das Honwerkzeug 10 aus Figur 1 (verwendet in den Verfahren nach Figuren 7 und 8) oder Figur 6 (verwendet in den Verfahren nach Figur 9) sein kann, illustriert. Das Werkstück 16 ist vorliegend ein Zahnrad. Das Verfahren umfasst nacheinander folgende Schritte:

Schritt a): axiales Einfahren (illustriert durch einen entsprechenden Pfeil) des Honwerkzeugs 10 in die Öffnung 14 und Vorkontrolle, insbesondere einer Öffnungsweite, der Öffnung 14 in dem Werkstück 16 mittels des Werkstückkontrollelements 34.

[0062] Bei der Vorkontrolle fährt das Werkstückkontrollelement 34 in die Öffnung 14 ein, falls die Öffnung 14 eine ausreichende Weite (wenn die Öffnung 14 also ein Sollmaß aufweist) und korrekte axiale Ausrichtung aufweist.

[0063] Ist die Weite der Öffnung 14 zu gering oder ist

das Werkstück 16 nicht korrekt ausgerichtet, so kontaktiert das Werkstückkontrollelement 34 mit dem Kontaktabschnitt 58 das Werkstück 16 und das Werkstückkontrollelement 34 wird aus der Ausgangstellung AS bewegt. Da das Werkstückkontrollelement 34 mit den Stellelementen 64 derart gekoppelt ist, dass die Stellelemente 64 den Strömungsquerschnitt des durch die Gabelung der T-Kreuzung 68 gebildeten (siehe Figur 3) pneumatischen Kontrollmediumkanals 66 verändern, wenn das Werkstückkontrollelement 34 aus der Ausgangstellung AS bewegt wird, schließen die Stellelemente 64 die T-Kreuzungen 68 und verändern damit den Strömungsquerschnitt des Kontrollmediumkanals 66. Durch die Änderung des Strömungsquerschnitts ist ein Druckanstieg bei der Durchströmung des Kontrollmediumkanals 66 detektierbar und der Einfahrvorgang des Honwerkzeugs 10 kann unterbrochen werden.

[0064] Schritt b): Honen der Öffnung 14 mit den Honleisten 52 des Honabschnitts 36 (symbolisch dargestellt durch einen Doppelpfeil und einen gekrümmten Pfeil). Während dem Schritt b) (während oder nach der Honbearbeitung) ist es optional möglich eine Messung der Öffnungsweite der Öffnung 14 über eine Luftmessdüse 44, die in axialer Richtung A gesehen neben den Honleisten 52 des ersten Honabschnitts 36 angeordnet ist, der In-Prozess Messanordnung 42 vorzunehmen.

[0065] Vorzugsweise umfasst das Verfahren einen Schritt c): axiales Verfahren des Honwerkzeugs 10, insbesondere weiteres axiales Einfahren des Honwerkzeugs 10 in die Öffnung 14, und Nachmessen der Öffnungsweite über eine Luftmessdüse, die von dem Honabschnitt 36 aus Schritt b) in axialer Richtung A beabstandet ist. Dieser Schritt ist in den Figuren 7, 8 und 9 nicht dargestellt.

[0066] Vorzugsweise umfasst das Verfahren einen Schritt d): axiales Verfahren des Honwerkzeugs 10, insbesondere weiteres axiales Einfahren des Honwerkzeugs 10 in die Öffnung 14, und anschließendes Honen der Öffnung 14 mit den Honleisten 54 des zweiten Honabschnitts 38. Während dem Schritt b) ist es optional möglich eine Messung der Öffnungsweite der Öffnung 14 über eine Luftmessdüse 86, die in axialer Richtung A gesehen neben den Honleisten 54 des zweiten Honabschnitts 38 angeordnet ist, der In-Prozess Messanordnung 84 vorzunehmen.

[0067] Vorzugsweise umfasst das Verfahren einen Schritt e): Nachmessen der Öffnungsweite über eine Luftmessdüse 86, die in axialer Richtung A gesehen neben den Honleisten 54 des zweiten Honabschnitts 38 aus Schritt d) angeordnet ist, (diese Alternative des Verfahrens ist in den Figuren 7 und 8 gezeigt); oder axiales Verfahren des Honwerkzeugs 10, insbesondere weiteres axiales Einfahren des Honwerkzeugs 10 in die Öffnung 14, und Nachmessen der Öffnungsweite über eine Luftmessdüse 48, die von dem zweiten Honabschnitt 38 aus Schritt d) in axialer Richtung A beabstandet ist (diese Alternative ist in Figur 9 gezeigt).

[0068] Vorzugsweise umfasst das Verfahren einen

Schritt f): axiales Verfahren des Honwerkzeugs 10, insbesondere weiteres axiales Einfahren des Honwerkzeugs 10 in die Öffnung 14, und anschließendes Bürsten der Öffnung 14 mit dem Bürstenabschnitt 40 des Honwerkzeugs 10;

[0069] g) axiales Ausfahren des Honwerkzeugs 10 aus der Öffnung 14 (nicht dargestellt).

[0070] Bei der Verfahrensvariante von Figur 7 ist das Werkstück 16 stationär und das Honwerkzeug 10 wird gegenüber dem Werkstück 16 bewegt. Bei den Verfahrensvarianten nach Figur 8 und 9 ist das Honwerkzeug 10 stationär und das Werkstück 16 wird gegenüber dem Honwerkzeug 10 bewegt. Beide Arten der Erzeugung einer Relativbewegung zwischen Honwerkzeug 10 und Werkstück 16 sind im Sinne der vorliegenden Erfindung.

Patentansprüche

1. Honwerkzeug (10) zum Honen der Innenfläche (12) einer Öffnung (14) in einem Werkstück (16) mit einem sich in einer axialen Richtung (A) erstreckenden Werkzeugkörper (17), der einen Honabschnitt (36), der eine Gruppe von Honleisten (52) umfasst, aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Honwerkzeug (10) ein Werkstückkontrollelement (34) zur Kontrolle der Größe und/oder Position der Öffnung (14) umfasst und das an dem Werkzeugkörper (17) in axialer Richtung (A) gegenüber dem Werkzeugkörper (17) beweglich angeordnet ist, um beim Einfahren des Honwerkzeugs in die Öffnung (14) zu prüfen, ob die Öffnung (14) in dem Werkstück (16) eine ausreichende Öffnungsweite aufweist und/oder um auf einen Positionierungs- oder Ausrichtungsfehler der Öffnung (14) des Werkstücks (16) zu prüfen, wobei das Werkstückkontrollelement (34) in eine Ausgangstellung (AS) vorgespannt ist und derart an dem Werkzeugkörper (17) angeordnet ist, dass das Werkstückkontrollelement (34) aus der Ausgangstellung (AS) bewegt wird, wenn das Werkstückkontrollelement (34) in Kontakt mit dem Werkstück (16) kommt, wobei das Werkstückkontrollelement (34) mit einer Detektiereinrichtung gekoppelt ist, die ausgebildet ist, um eine Bewegung des Werkstückkontrollelements gegenüber dem Werkzeugkörper zu erfassen, wobei die Detektiereinrichtung mit einer Steuereinrichtung derart gekoppelt ist, dass die Steuereinrichtung das Einfahren des Honwerkzeugs in die Öffnung unterbricht, wenn die Detektiereinrichtung eine Bewegung des Werkstückkontrollelements gegenüber dem Werkzeugkörper erfasst.
2. Honwerkzeug (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstückkontrollelement (34) federnd gelagert an dem Werkzeugkörper (17) angeordnet ist.

3. Honwerkzeug (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstückkontrollelement (34) einen Kontaktabschnitt (58) zum Kontaktieren des Werkstücks (16) aufweist, der sich von einem werkstückseitigen Ende (18) des Werkzeugkörpers (17) aus entlang der axialen Richtung (A) gesehen in einer radialen Richtung (R) erweitert.
4. Honwerkzeug (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstückkontrollelement (34) ringartig ausgebildet ist, vorzugsweise und sich um den Werkzeugkörper (17) herum erstreckt.
5. Honwerkzeug (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstückkontrollelement (34) in axialer Richtung (A) zwischen dem werkstückseitigen Ende (18) des Werkzeugkörpers (17) und dem Honabschnitt (36) angeordnet ist oder dass das Werkstückkontrollelement (34) ein werkstückseitiges Ende (18) des Werkzeugkörpers (17) bildet.
6. Honwerkzeug (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es einen zweiten Honabschnitt (38), der eine zweite Gruppe von Honleisten (54) umfasst, aufweist, wobei der erste Honabschnitt (36) in der axialen Richtung (A) beabstandet zu dem zweiten Honabschnitt (38) an dem Werkzeugkörper (17) angeordnet ist.
7. Honwerkzeug (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstückkontrollelement (34) mit einem pneumatischen oder hydraulischen Stellelement (64) derart gekoppelt ist, dass das pneumatische oder hydraulische Stellelement (64) einen Strömungsquerschnitt eines pneumatischen oder hydraulischen Kontrollmediumkanals (66) verändert, wenn das Werkstückkontrollelement (34) aus der Ausgangsstellung (AS) bewegt wird.
8. Honwerkzeug (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es wenigstens eine Luftmessdüse (48) umfasst, die in axialer Richtung (A) gesehen versetzt zu den Honleisten (52, 54), insbesondere von einem werkstückseitigen Ende (18) des Werkzeugkörpers (17) aus gesehen hinter den Honleisten (52, 54) ggf. eines der Honabschnitte (36, 38), vorzugsweise aller Honabschnitte (36, 38), angeordnet ist und/oder dass es wenigstens eine Luftmessdüse (44, 86) umfasst, die in axialer Richtung (A) gesehen neben den Honleisten (52, 54) des Honabschnitts (36, 38) bzw. eines der Honabschnitte (36, 38), angeordnet ist, vorzugsweise wobei das Honwerkzeug (10) wenigstens eine Luftmessdüse (44, 86) je Honabschnitt (36, 38) umfasst, die in axialer Richtung (A) gesehen neben den Honleisten (52, 54) des jeweiligen Honabschnitts (36, 38) angeordnet ist.
9. Honwerkzeug (10) nach den beiden voranstehenden Ansprüchen, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stellelement (64) mit dem das Werkstückkontrollelement (34) gekoppelt ist ein pneumatisches Stellelement (64) ist und der Kontrollmediumkanal (66) dessen Strömungsquerschnitt das Stellelement (64) verändert pneumatisch mit einem Messluftkanal (60) verbunden ist, über den wenigstens eine Luftmessdüse (44, 48, 86) mit Messluft beaufschlagbar ist.
10. Honwerkzeug (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es eine Zustelleinrichtung (74) umfasst, über welche die jeweiligen Honleisten (52, 54) der beiden Honabschnitte (36, 38) unabhängig voneinander oder stets gleichzeitig in radialer Richtung (R) zustellbar sind.
11. Honwerkzeug (10) nach dem voranstehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zustelleinrichtung (74) je Honabschnitt (36, 38) einen Zustellkonus (76, 78) aufweist, der ausgebildet ist, um mit Keilflächen der Honleisten (80, 82) zusammenwirken, um eine axiale Bewegung eines Zustellelements (75) in eine radiale Zustellung der Honleisten (52, 54) umzusetzen, vorzugsweise wobei die Zustellkonen (76, 78) mehrerer Honabschnitte (36, 38) auf einem einzigen Zustellelement (75) derart angeordnet sind, dass bei einer Bewegung des Zustellelements (75) beide Zustellkonen (76, 78) bewegt werden.
12. Honwerkzeug (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Honwerkzeug (10) einen Bürstenabschnitt (40) umfasst.
13. Honwerkzeug (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich des werkstückseitigen Endes (18) des Werkzeugkörpers (17) eine Werkzeugführung (50) an dem Honwerkzeug (10) angeordnet ist.
14. Verfahren zur Honbearbeitung der Innenfläche (12) einer Öffnung (14) in einem Werkstück (16) mit einem Honwerkzeug (10) gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, wobei das Verfahren nacheinander folgende Schritte umfasst:
 - a) axiales Einfahren des Honwerkzeugs (10) in die Öffnung (14) und Vorkontrolle, insbesondere einer Öffnungsweite, der Öffnung (14) in dem Werkstück (16) mittels des Werkstückkontrollelements (34);

b) Honen der Öffnung (14) mit den Honleisten (52) des Honabschnitts (36), vorzugsweise Messung der Öffnungsweite über eine Luftmessdüse (44);

vorzugsweise c) axiales Verfahren des Honwerkzeugs (10), insbesondere weiteres axiales Einfahren des Honwerkzeugs (10) in die Öffnung (14), und Nachmessen der Öffnungsweite über eine Luftmessdüse, die von dem Honabschnitt (36) aus Schritt b) in axialer Richtung (A) beabstandet ist;

vorzugsweise d) axiales Verfahren des Honwerkzeugs (10), insbesondere weiteres axiales Einfahren des Honwerkzeugs (10) in die Öffnung (14), und anschließendes Honen der Öffnung (14) mit den Honleisten (54) des zweiten Honabschnitts (38), vorzugsweise Messung der Öffnungsweite über eine Luftmessdüse (86), die in axialer Richtung (A) gesehen neben den Honleisten (54) des zweiten Honabschnitts (38) angeordnet ist;

vorzugsweise e) Nachmessen der Öffnungsweite über eine Luftmessdüse (48), die in axialer Richtung (A) gesehen neben den Honleisten (54) des zweiten Honabschnitts (38) aus Schritt d) angeordnet ist, oder axiales Verfahren des Honwerkzeugs (10), insbesondere weiteres axiales Einfahren des Honwerkzeugs (10) in die Öffnung (14), und Nachmessen der Öffnungsweite über eine Luftmessdüse (48), die von dem zweiten Honabschnitt (38) aus Schritt d) in axialer Richtung (A) beabstandet ist;

vorzugsweise f) axiales Verfahren des Honwerkzeugs (10), insbesondere weiteres axiales Einfahren des Honwerkzeugs (10) in die Öffnung (14), und anschließendes Bürsten der Öffnung (14) mit dem Bürstenabschnitt (40) des Honwerkzeugs (10);

g) axiales Ausfahren des Honwerkzeugs (10) aus der Öffnung (14).

Claims

1. Honing tool (10) for honing the inner surface (12) of an opening (14) in a work (16), with a tool body (17) extending in an axial direction (A), the tool body having a honing section (36) comprising a group of honing sticks (52), **characterized in that** the honing tool (10) comprises a work checking element (34) for checking the size and/or position of the opening (14) which is arranged movably on the tool body (17) opposite the tool body (17) in an axial direction (A) for

checking during insertion of the honing tool into the opening (14), if the opening (14) in the work (16) has a sufficient opening width, and/or for checking for positioning or aligning errors of the opening (14) of the work (16), wherein the work checking element (34) is biased in an initial position (AS) and is arranged on the tool body (17) in such a way that the work checking element (34) is moved from the initial position (AS) when the work checking element (34) makes contact with the work (16), wherein the work checking element (34) is coupled with a detecting device which is configured for sensing a movement of the work checking element with respect to the tool body, wherein the detecting device is coupled with a control device in such a way that the control device stops the insertion of the honing tool into the opening when the detecting device senses a movement of the work checking element with respect to the tool body.

2. Honing tool (10) as claimed in claim 1, **characterized in that** the work checking element (34) is arranged on the tool body (17) in a spring-mounted manner.
3. Honing tool (10) as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the work checking element (34) comprises a contact section (58) for contacting the work (16) which expands in a radial direction (R) when viewed from a work-side end (18) of the tool body (17) along the axial direction (A).
4. Honing tool (10) as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the work checking element (34) is provided in a ring shape and preferably extends around the tool body (17).
5. Honing tool (10) as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the work checking element (34) is arranged in axial direction (A) between the work-side end (18) of the tool body (17) and the honing section (36), or that the work checking element (34) forms a work-side end (18) of the tool body (17).
6. Honing tool (10) as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** it has a second honing section (38) comprising a second group of honing sticks (54), wherein the first honing section (36) is arranged at a distance from the second honing section (38) on the tool body (17) in the axial direction (A).
7. Honing tool (10) as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the work checking element (34) is coupled with a pneumatic or hydraulic actuating element (64) in such a way that the pneumatic or hydraulic actuating element (64) changes a

flow section of a pneumatic or hydraulic control medium channel (66) when the work checking element (34) is moved from the initial position (AS).

8. Honing tool (10) as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** it comprises at least one air measuring nozzle (48) which is arranged off-set from the honing sticks (52, 54) when viewed in axial direction (A), in particular, when viewed from a work-side end (18) of the tool body (17), behind the honing sticks (52, 54), eventually of one of the honing sections (36, 38), preferably of all the honing sections (36, 38), and/or that it comprises at least one air measuring nozzle (44, 86) which is arranged at the side of the honing sticks (52, 54) of the honing section (36, 38) or of one of the honing sections (36, 38), respectively, when viewed in the axial direction (A), wherein preferably the honing tool (10) comprises at least one air measuring nozzle (44, 86) per honing section (36, 38) which is arranged at the side of the honing sticks (52, 54) of the respective honing section (36, 38) when viewed in the axial direction (A).
9. Honing tool (10) as claimed in both of the preceding claims, **characterized in that** the actuating element (64) of the work checking element (34) is coupled with a pneumatic actuating element (64) and that the control medium channel (66), the flow section of which the actuating element (64) changes, is connected pneumatically with a measuring air channel (60) through which the at least one air measuring nozzle (44, 48, 86) can be supplied with measuring air.
10. Honing tool (10) as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** it comprises a feeding device (74) by means of which the respective honing sticks (52, 54) of the two honing sections (36, 38) can be fed in radial direction (R) individually or always at the same time.
11. Honing tool (10) as claimed in the preceding claim, **characterized in that** the feeding device (74) comprises a respective feeding cone (76, 78) per honing section (36, 38) which is configured for cooperating with tapered surfaces of the honing sticks (80, 82) for transferring an axial motion of the feeding element (75) in a radial feed of the honing sticks (52, 54) wherein preferably the feeding cones (76, 78) of multiple honing sections (36, 38) are arranged on a single feeding element (75) in such a way that with a motion of the feeding element (75) both feeding cones (76, 78) are moved.
12. Honing tool (10) as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the honing tool (10) comprises a brush section (40).

13. Honing tool (10) as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** in the area of the work-side end (18) of the tool body (17) a tool guide (50) is arranged on the honing tool (10).

14. Method for honing the inner surface (12) of an opening (14) in a work (16) with a honing tool (10) as claimed in one of the preceding claims, wherein the method comprises consecutively the following steps:

- a) axially inserting the honing tool (10) in the opening (14) and pre-checking, in particular of an opening width, of the opening (14) in the work (16) by means of the work checking element (34);
- b) honing the opening (14) with the honing sticks (52) of the honing section (36), preferably measuring the opening width with an air measuring nozzle (44);

preferably c) axially moving the honing tool (10), in particular further axial insertion of the honing tool (10) into the opening (14) and measuring the opening width by means of an air measuring nozzle which is at a distance from the honing section (36) of step b) in an axial direction (A);

preferably d) axially moving the honing tool (10), in particular further axial insertion of the honing tool (10) into the opening (14) and subsequently honing the opening (14) with the honing sticks (54) of the second honing section (38), preferably measuring the opening width by means of an air measuring nozzle (86) which is arranged at the side of the honing sticks (54) of the second honing section (38) when viewed in axial direction (A);

preferably e) measuring again the opening width by means of an air measuring nozzle (48) which is arranged, when viewed in axial direction (A), at the side of the honing sticks (54) of the second honing section (38) of step d), or axially moving the honing tool (10), in particular further axial insertion of the honing tool (10) into the opening (14) and measuring again the opening width by means of an air measuring nozzle (48) which is at a distance from the honing section (38) of step d) in an axial direction (A); preferably f) axially moving the honing tool (10), in particular further axial insertion of the honing tool (10) into the opening (14) and subsequently brushing the opening (14) with the brush section (40) of the honing tool (10);

g) axially extracting the honing tool (10) from the

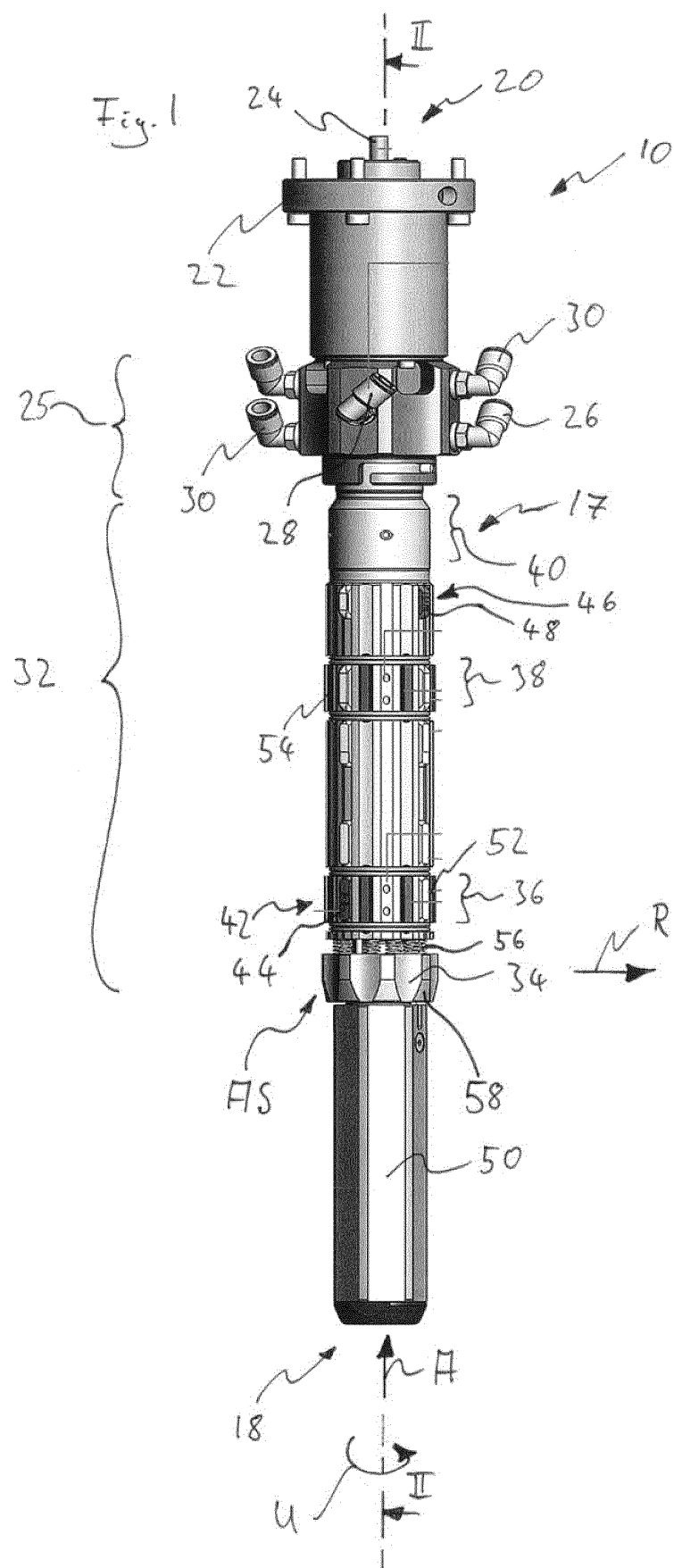
opening (14) .

Revendications

1. Outil de rodage (10) pour le rodage de la surface intérieure (12) d'une ouverture (14) dans une pièce (16) avec un corps d'outil (17) s'étendant dans une direction axiale (A), qui présente une partie de rodage (36), qui comprend un groupe de baguettes de rodage (52), **caractérisé en ce que** l'outil de rodage (10) comprend un élément de contrôle de pièce (34) pour le contrôle de la taille et/ou position de l'ouverture (14) et qui est disposé de manière mobile sur le corps d'outil (17) dans la direction axiale (A) par rapport au corps d'outil (17), afin de vérifier lors de l'insertion de l'outil de rodage dans l'ouverture (14) si l'ouverture (14) dans la pièce (16) présente une largeur d'ouverture suffisante et/ou afin de vérifier la présence d'une erreur de positionnement ou d'orientation de l'ouverture (14) de la pièce (16), dans lequel l'élément de contrôle de pièce (34) est précontraint dans une position de départ (AS) et est disposé sur le corps d'outil (17) de telle sorte que l'élément de contrôle de pièce (34) est déplacé à partir de la position de départ (AS) lorsque l'élément de contrôle de pièce (34) vient en contact avec la pièce (16), dans lequel l'élément de contrôle de pièce (34) est accouplé à un dispositif de détection, qui est réalisé pour détecter un mouvement de l'élément de contrôle de pièce par rapport au corps d'outil, dans lequel le dispositif de détection est accouplé à un dispositif de commande, de telle sorte que le dispositif de commande interrompt l'insertion de l'outil de rodage dans l'ouverture, lorsque le dispositif de détection détecte un mouvement de l'élément de contrôle de pièce par rapport au corps d'outil.
2. Outil de rodage (10) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'élément de contrôle de pièce (34) est disposé sur le corps d'outil (17) de manière montée de façon élastique.
3. Outil de rodage (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément de contrôle de pièce (34) présente une partie de contact (58) pour la mise en contact de la pièce (16), qui s'élargit à partir d'une extrémité côté pièce (18) du corps d'outil (17) vu le long de la direction axiale (A) dans une direction radiale (R).
4. Outil de rodage (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément de contrôle de pièce (34) est réalisé de manière annulaire, de préférence et s'étend autour du corps d'outil (17).
5. Outil de rodage (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément de contrôle de pièce (34) est disposé dans la direction axiale (A) entre l'extrémité côté pièce (18) du corps d'outil (17) et la partie de rodage (36) ou que l'élément de contrôle de pièce (34) forme une extrémité côté pièce (18) du corps d'outil (17).
6. Outil de rodage (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** présente une deuxième partie de rodage (38), qui comprend un deuxième groupe de baguettes de rodage (54), dans lequel la première partie de rodage (36) dans la direction axiale (A) est disposée sur le corps d'outil (17) à distance de la deuxième partie de rodage (38).
7. Outil de rodage (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément de contrôle de pièce (34) est accouplé à un élément de réglage (64) pneumatique ou hydraulique, de telle sorte que l'élément de réglage pneumatique ou hydraulique (64) modifie une section transversale d'écoulement d'un canal de milieu de contrôle pneumatique ou hydraulique (66), lorsque l'élément de contrôle de pièce (34) est déplacé à partir de la position de départ (AS).
8. Outil de rodage (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins une buse de mesure d'air (48), qui, vue dans la direction axiale (A), est disposée de manière décalée des baguettes de rodage (52, 54), en particulier vue à partir d'une extrémité côté pièce (18) du corps d'outil (17), derrière les baguettes de rodage (52, 54) le cas échéant d'une des parties de rodage (36, 38), de préférence de toutes les parties de rodage (36, 38) et/ou qu'il comprend au moins une buse de mesure d'air (44, 86) qui, vue dans la direction axiale (A), est disposée à côté des baguettes de rodage (52, 54) de la partie de rodage (36, 38) ou d'une des parties de rodage (36, 38), de préférence dans lequel l'outil de rodage (10) comprend au moins une buse de mesure d'air (44, 86) par partie de rodage (36, 38), qui, vue dans la direction axiale (A), est disposée à côté des baguettes de rodage (52, 54) de la partie de rodage (36, 38) respective.
9. Outil de rodage (10) selon les deux revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément de réglage (64) auquel l'élément de contrôle de pièce (34) est accouplé est un élément de réglage (64) pneumatique et le canal de milieu de contrôle (66) dont la section transversale d'écoulement modifie l'élément de réglage (64) est relié de façon pneumatique à un canal d'air de mesure (60), par l'intermédiaire duquel au moins une buse de mesure d'air (44, 48, 86) peut être sollicitée avec de l'air de mesure.

10. Outil de rodage (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend un dispositif d'avance (74), par l'intermédiaire duquel les baguettes de rodage (52, 54) respectives des deux parties de rodage (36, 38) peuvent être avancées dans la direction radiale (R) indépendamment les unes des autres ou toujours simultanément. 5
11. Outil de rodage (10) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le dispositif d'avance (74) présente par partie de rodage (36, 38) un cône d'avance (76, 78), qui est réalisé pour coopérer avec des surfaces cunéiformes des baguettes de rodage (80, 82), afin de convertir un mouvement axial d'un élément d'avance (75) en une avance radiale des baguettes de rodage (52, 54), de préférence dans lequel les cônes d'avance (76, 78) de plusieurs parties de rodage (36, 38) sont disposés sur un seul élément d'avance (75), de telle sorte que lors d'un mouvement de l'élément d'avance (75), les deux cônes d'avance (76, 78) sont déplacés. 10 15 20
12. Outil de rodage (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'outil de rodage (10) comprend une partie brosse (40). 25
13. Outil de rodage (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** guidage d'outil (50) est disposé sur l'outil de rodage (10) dans la zone de l'extrémité côté pièce (18) du corps d'outil (17). 30
14. Procédé pour l'usinage par rodage de la surface intérieure (12) d'une ouverture (14) dans une pièce (16) avec un outil de rodage (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le procédé comprend les étapes se succédant : 35 40
- a) d'insertion axiale de l'outil de rodage (10) dans l'ouverture (14) et de pré-contrôle, en particulier d'une largeur d'ouverture, de l'ouverture (14) dans la pièce (16) au moyen de l'élément de contrôle de pièce (34) ; 45
- b) de rodage de l'ouverture (14) avec les baguettes de rodage (52) de la partie de rodage (36), de préférence de mesure de la largeur d'ouverture par l'intermédiaire d'une buse de mesure d'air (44) ; 50
- de préférence c) de déplacement axial de l'outil de rodage (10), en particulier d'insertion axiale plus avancée de l'outil de rodage (10) dans l'ouverture (14), et de contrôle de mesure de la largeur d'ouverture par l'intermédiaire d'une buse de mesure d'air, qui est espacée de la partie de rodage (36) de 55

l'étape (b) dans la direction axiale (A) ;
 de préférence d) de déplacement axial de l'outil de rodage (10), en particulier d'insertion axiale plus avancée de l'outil de rodage (10) dans l'ouverture (14), et de rodage suivant de l'ouverture (14) avec les baguettes de rodage (54) de la deuxième partie de rodage (38), de préférence de mesure de la largeur d'ouverture par l'intermédiaire d'une buse de mesure d'air (86), qui, vue dans la direction axiale (A), est disposée à côté des baguettes de rodage (54) de la deuxième partie de rodage (38) ;
 de préférence e) de contrôle de mesure de la largeur d'ouverture par l'intermédiaire d'une buse de mesure d'air (48), qui, vue dans la direction axiale (A), est disposée à côté des baguettes de rodage (54) de la deuxième partie de rodage (38) de l'étape d), ou de déplacement axial de l'outil de rodage (10), en particulier d'insertion axiale plus avancée de l'outil de rodage (10) dans l'ouverture (14), et de contrôle de mesure de la largeur d'ouverture par l'intermédiaire d'une buse de mesure d'air (48), qui est espacée de la deuxième partie de rodage (38) de l'étape d) dans la direction axiale (A) ;
 de préférence f) de déplacement axial de l'outil de rodage (10), en particulier d'insertion axiale plus avancée de l'outil de rodage (10) dans l'ouverture (14), et de brossage suivant de l'ouverture (14) avec la partie brosse (40) de l'outil de rodage (10) ;
 g) de sortie axiale de l'outil de rodage (10) de l'ouverture (14).



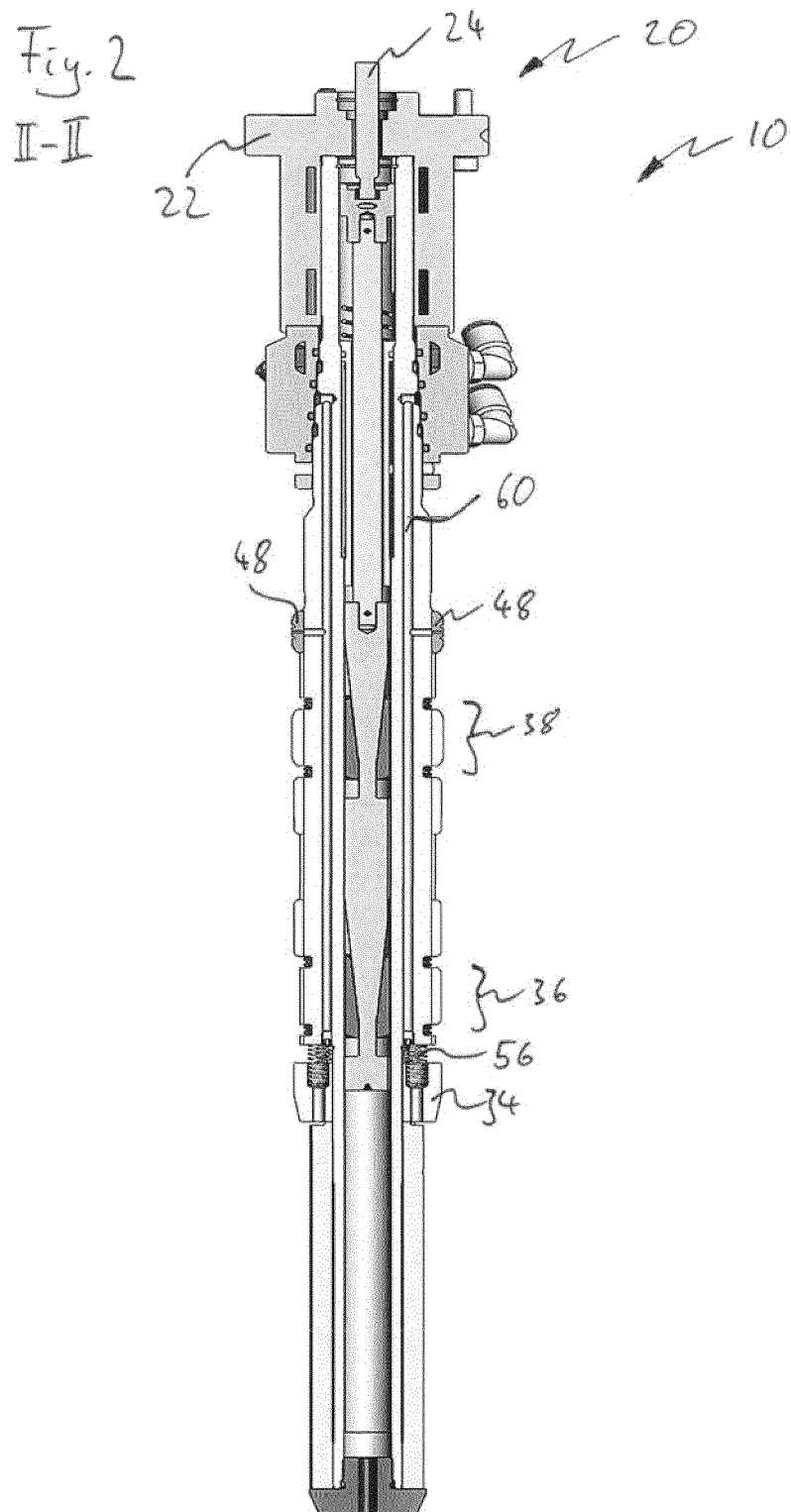


Fig. 3
II-II

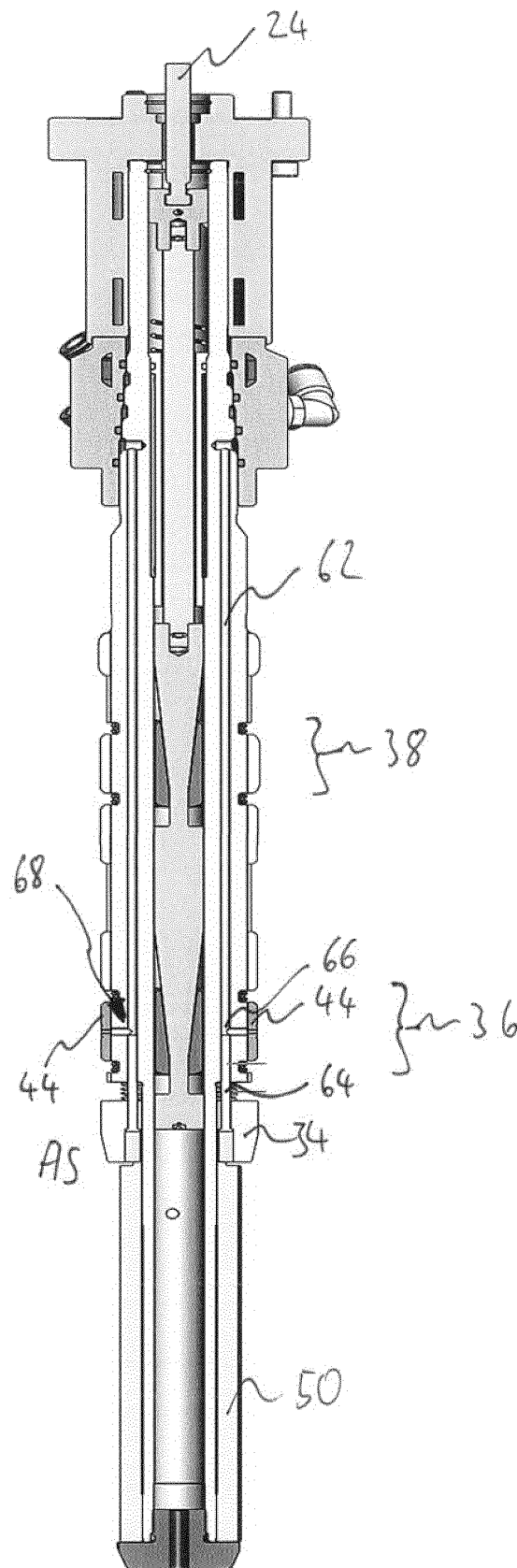


Fig. 4

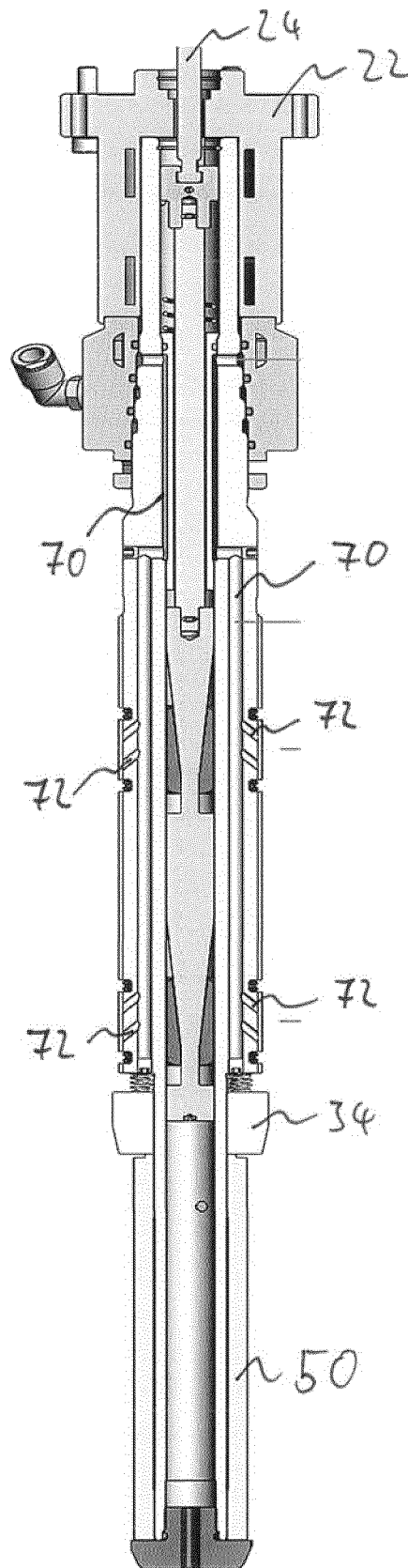


Fig. 5

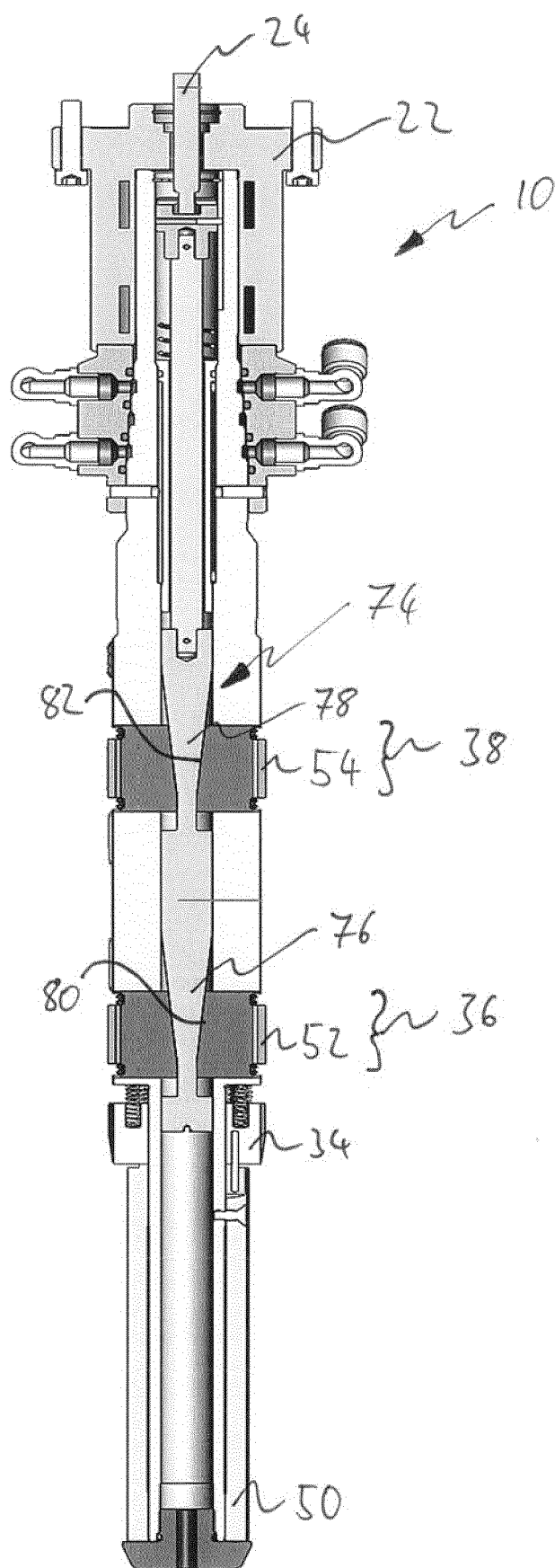
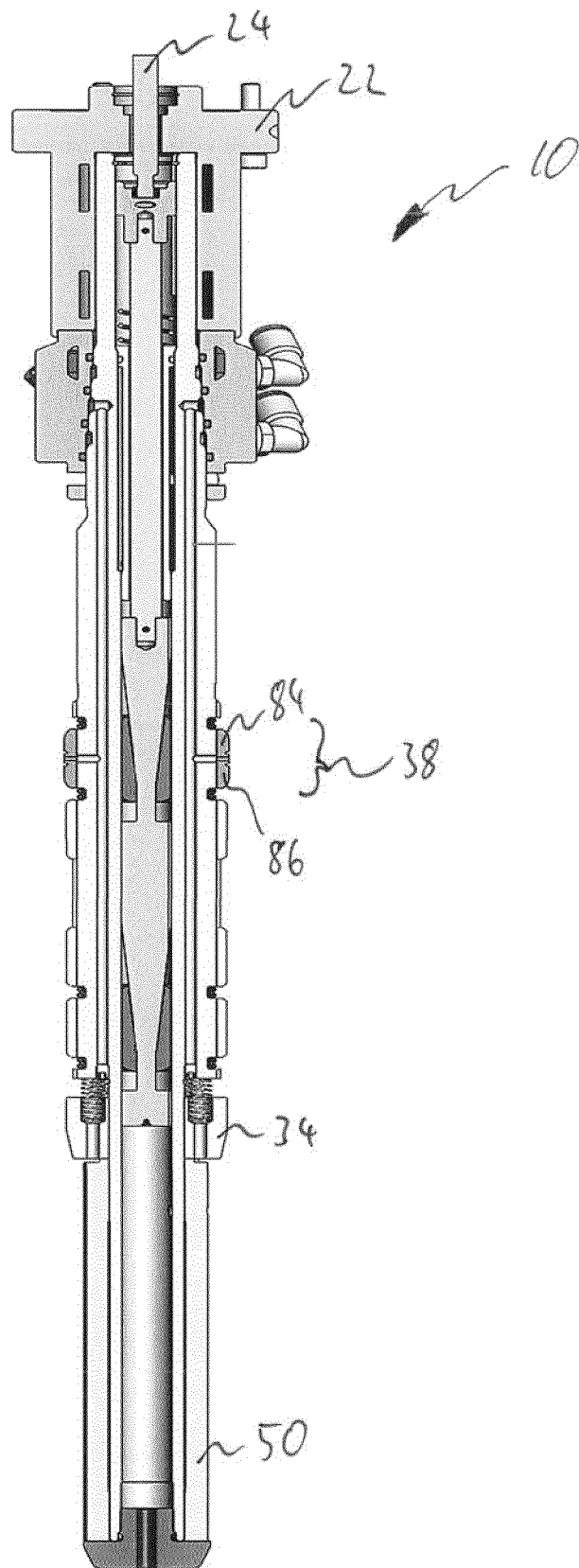


Fig. 6



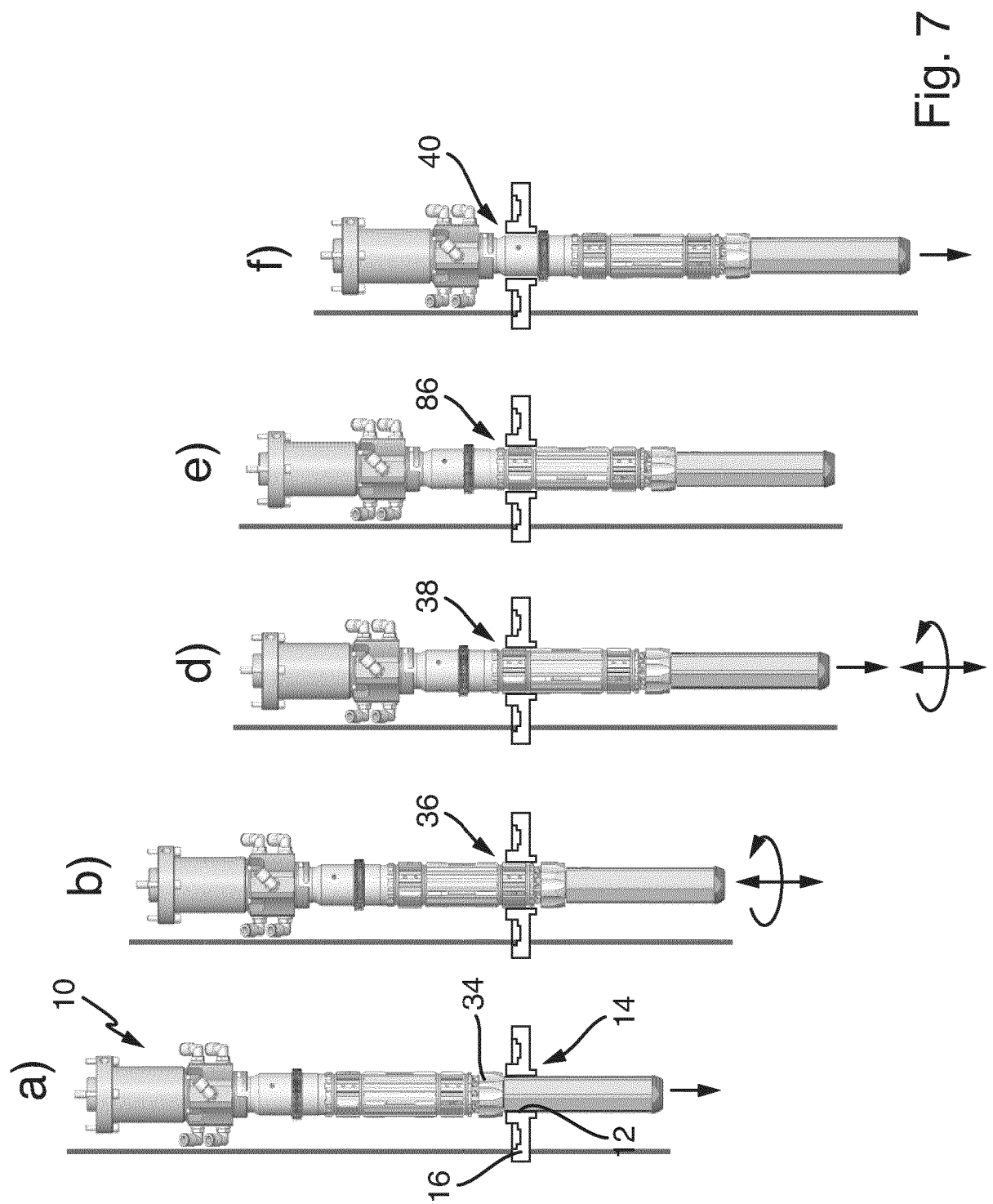


Fig. 7

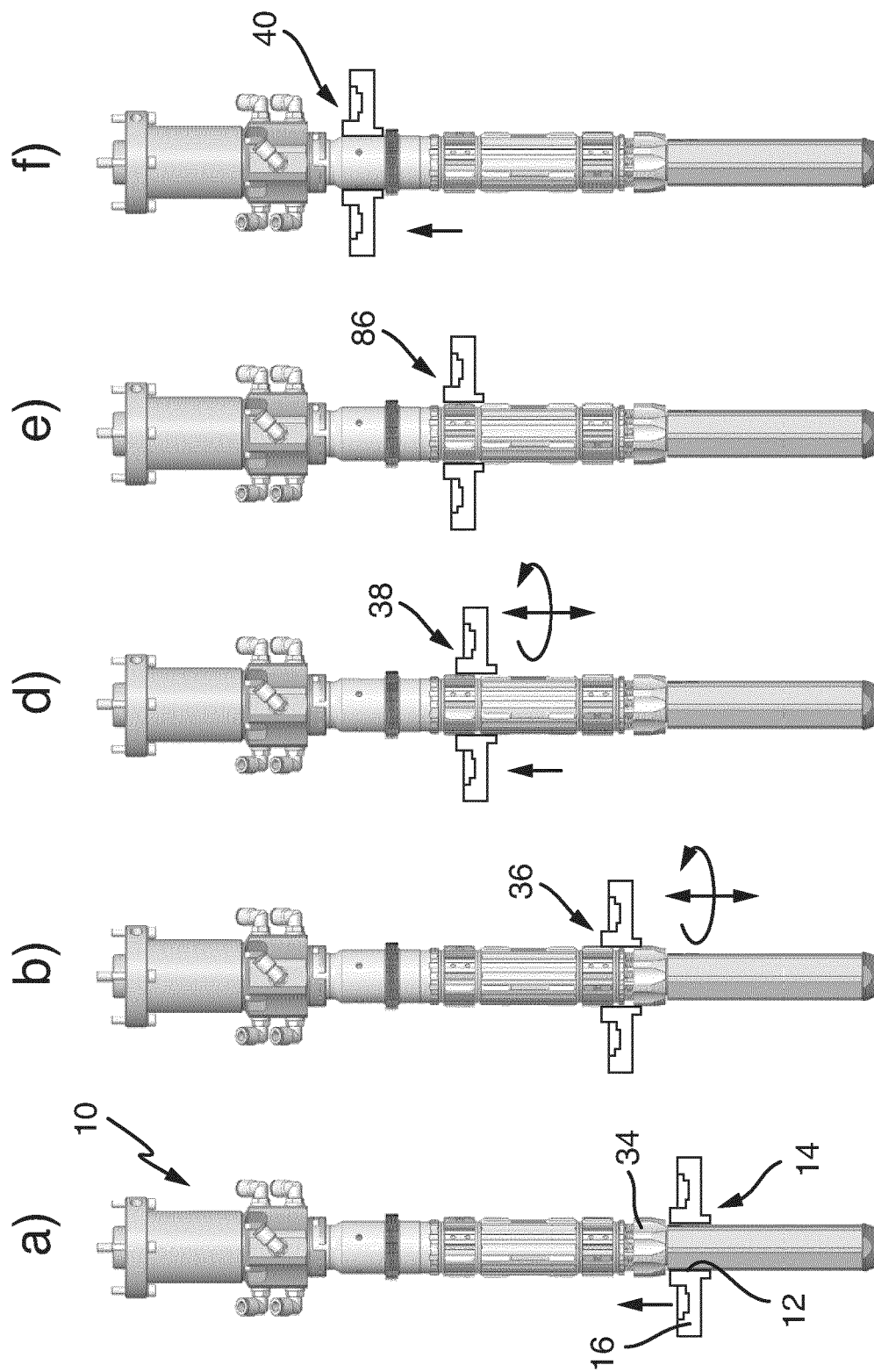
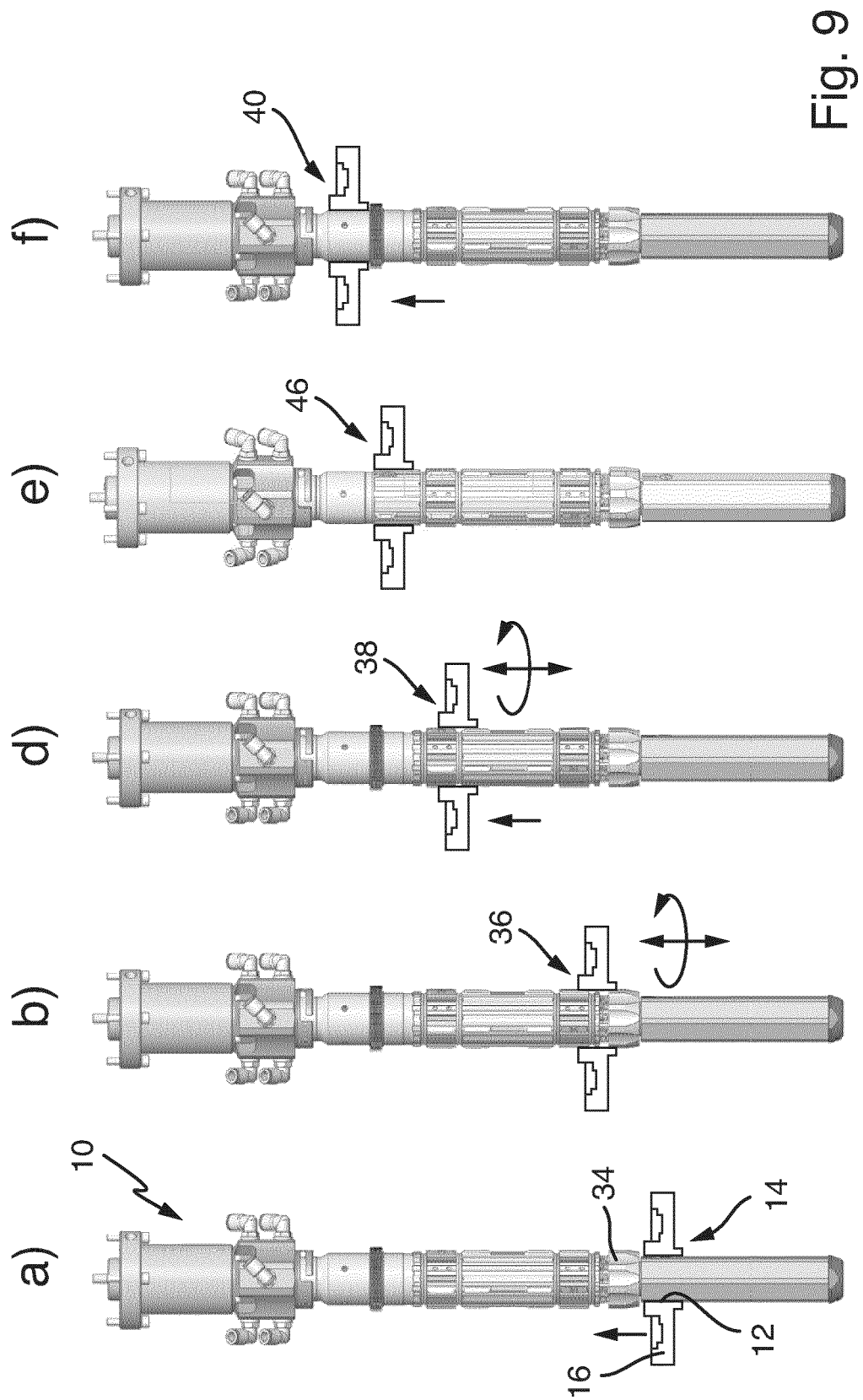


Fig. 8



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

- GB 562659 A [0002]