

(19)



(11)

EP 3 535 092 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
20.01.2021 Patentblatt 2021/03

(51) Int Cl.:
B24B 27/00 (2006.01) B24B 33/02 (2006.01)
B24B 41/00 (2006.01) B24B 33/10 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17790759.9**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2017/077222

(22) Anmeldetag: **25.10.2017**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2018/082976 (11.05.2018 Gazette 2018/19)

(54) HONMASCHINE MIT MEHREREN ARBEITSSTATIONEN

HONING MACHINE HAVING MULTIPLE WORKSTATIONS

MACHINE DE PIERRAGE AVEC UNE PLURALITÉ DE POSTES DE TRAVAIL

(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

- **NAGEL, Bernd**
72622 Nürtingen (DE)
- **ROTH, Karl-Günther**
71332 Waiblingen (DE)

(30) Priorität: **07.11.2016 DE 102016221777**

(74) Vertreter: **Patentanwälte Ruff, Wilhelm, Beier, Dauster & Partner mbB**
Kronenstraße 30
70174 Stuttgart (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.09.2019 Patentblatt 2019/37

(73) Patentinhaber: **Nagel Maschinen- und Werkzeugfabrik GmbH**
72622 Nürtingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2013/117482 WO-A1-2016/083048
DE-A1-102011 085 189 DE-U1-202015 009 036
DE-U1-202016 002 857

(72) Erfinder:
• **LINTNER, Johannes**
73072 Donzdorf (DE)

EP 3 535 092 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

ANWENDUNGSGEBIET UND STAND DER TECHNIK

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Honmaschine zur Durchführung von Honoperationen an mindestens einer Bohrung in einem Werkstück, insbesondere zur Honbearbeitung von Zylinderbohrungen in einem Zylinderkurbelgehäuse.

[0002] Das Honen ist ein Zerspanungsverfahren mit geometrisch unbestimmten Schneiden, bei dem ein vielschneidiges Honwerkzeug mit gebundenem Schneidmittel während einer Honoperation in der Bohrung eine aus zwei Komponenten bestehende Arbeitsbewegung ausführt, die zu einer charakteristischen Oberflächenstruktur der bearbeiteten Innenfläche führt, in der Regel mit überkreuzten Bearbeitungsspuren. Die von einer Honspindel einer Honmaschine auf das Honwerkzeug übertragene Arbeitsbewegung besteht daher in der Regel aus einer axial hin- und hergehenden Hubbewegung und einer dieser überlagerten Drehbewegung. Durch Honen sind endbearbeitete Oberflächen herstellbar, die extrem hohen Anforderungen bezüglich Maß- und Formtoleranzen sowie hinsichtlich der Oberflächenstruktur genügen. Dementsprechend werden beispielsweise beim Motorenbau Zylinderlaufflächen, d.h. Innenflächen von Zylinderbohrungen in einem Zylinderkurbelgehäuse (ZKG) oder in einer in ein Zylinderkurbelgehäuse einzubauenden Zylinderhülse, Lagerflächen für Wellen, z.B. in einer Kurbelwellenlagerbohrung, oder die zylindrischen Innenflächen in Pleuelaugen einer Honbearbeitung unterzogen. Auch Lagerflächen an Pleueln, Zahnrädern oder Bauteilen für andere Kraft- und Arbeitsmaschinen, beispielsweise Kompressoren, werden häufig mittels Honen bearbeitet.

[0003] Bei der Bearbeitung von Zylinderlaufflächen werden typischerweise mehrere unterschiedliche, aufeinander folgende Honoperationen durchgeführt, z.B. ein Vorhonen zur Erzeugung der erforderlichen Grundform und ein Fertighonen, mit dem die letztendlich benötigte Oberflächenstruktur erzeugt wird. Durch Messschritte kann der Bearbeitungserfolg überprüft werden.

[0004] Bei der Massenfertigung von Zylinderkurbelgehäusen und anderen durch Honen zu bearbeitenden Werkstücken werden häufig Honmaschinen mit mehreren Honeinheiten eingesetzt, die beispielsweise eine Vorhoneinheit und eine Fertighoneinheit umfassen, wobei ein vorgehontes Werkstück innerhalb der Honmaschine unmittelbar an die Fertighoneinheit übergeben werden kann. Einrichtungen für weitere Prozesse, wie Messen und Entgraten, können in eine solche Honmaschine integriert sein.

[0005] Die WO 2013/117482 A1 beschreibt eine Honmaschine zur Durchführung von Honoperationen von Zylinderbohrungen in einem Zylinderkurbelgehäuse. Die Honmaschine hat eine Maschinenbasis, mehrere im Randbereich der Maschinenbasis angeordneten vertikale Ständer und ein von den Ständern getragenes Ma-

schinenoberteil, das mit Abstand oberhalb der Maschinenbasis angeordnet ist. Auf der Maschinenbasis ist ein Rundtisch angeordnet, um Werkstücke nacheinander an unterschiedliche Arbeitsstationen der Honmaschine zu transportieren. Zwei der Arbeitsstationen sind Honstationen, die jeweils mindestens eine von dem Maschineno-
 5 berteil getragene Honeinheit aufweisen, welche eine Honspindel hat, die um eine vertikale Spindelachse drehbar und parallel zur Spindelachse hin und her bewegbar ist. Die Honeinheit ist an einem horizontal verfahrbaren
 10 Schlitten angebracht, der von dem Maschineno- berteil getragen wird. Bei manchen Ausführungsformen kann die Honeinheit mithilfe des Schlittens zu einem Werkzeugwechsler verfahren werden.

[0006] Das Gebrauchsmuster DE 20 2016 002 857 U1 beschreibt Honmaschinen mit mehreren Honstationen, bei denen ein Maschineno-
 15 berteil von einer Säule getragen wird und zum Transportieren von Werkstücken ein z.B. mit einem Rundtisch ausgestattetes Umlauf-Trans-
 20 portsystem vorgesehen ist, das die Werkstücke auf einer um die Säule herum verlaufenden Transportbahn zwischen Arbeitsstationen transportiert. Zwei der Arbeits-
 25 stationen sind jeweils Honstationen, die mindestens eine von dem Maschineno- berteil getragene Honeinheit auf-
 weisen, welche eine Honspindel hat, die um eine verti-
 30 kale Spindelachse drehbar und parallel zur Spindelachse hin und her bewegbar ist. Die Honeinheit ist an einem horizontal verfahrbaren Schlitten angebracht, der von dem Maschineno- berteil getragen wird. Bei manchen
 35 Ausführungsformen kann die Honeinheit mithilfe des Schlittens zu einem Werkzeugwechsler verfahren werden.

[0007] Mit Honmaschinen der beschriebenen Bauarten ist bei geeigneter Dimensionierung und Auslegung
 40 werkstückabhängiger Bauteile u.a. eine Komplettbear-
 45 beitung von Zylinderbohrungen an Zylinderkurbelgehäu-
 sen bei kurzen, nicht für die Bearbeitung verfügbaren
 Nebenzeiten möglich. Die Honmaschinen zeichnen sich
 außerdem durch eine relative kompakte Bauform aus
 50 und haben daher nur geringen Platzbedarf. Zudem kön-
 55 nen sie relativ einfach mit anderen Bearbeitungsmaschi-
 nen zu Bearbeitungslinien verkettet werden.

AUFGABE UND LÖSUNG

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine
 45 gattungsgemäße Honmaschine bereitzustellen, die sich
 durch hohe erzielbare Produktivität und Flexibilität bei
 gleichzeitig sehr kompakter Bauform auszeichnet. Ins-
 50 besondere soll eine kompakte Honmaschine bereitge-
 stellt werden, mit der eine Komplettbearbeitung von Zy-
 55 linderbohrungen an Zylinderkurbelgehäusen bei kurzen
 Nebenzeiten möglich ist.

[0009] Zur Lösung dieser Aufgabe stellt die Erfindung
 eine Honmaschine mit den Merkmalen von Anspruch 1
 bereit. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhän-
 55 gigen Ansprüchen angegeben. Der Wortlaut sämtlicher
 Ansprüche wird durch Bezugnahme zum Inhalt der Be-

schreibung gemacht.

[0010] Der Begriff "Honmaschine" bezeichnet eine numerisch gesteuerte Bearbeitungsmaschine, mit der mindestens eine Honoperation an einem Werkstück durchgeführt werden kann, so dass die Bearbeitungsmaschine insoweit zum Honen geeignet ist. Die Honoperation wird an einer Honstation durchgeführt. Die Honmaschine kann als reine Honmaschine ausgelegt sein, bei der alle für die Werkstückbearbeitung eingerichteten Arbeitsstationen (Bearbeitungsstationen) als Honstationen ausgelegt sind. Gegebenenfalls können mit der Honmaschine zusätzlich auch andere, typischerweise Material abtragende, Bearbeitungsoperationen an einem Werkstück durchgeführt werden, z.B. eine oder mehrere Bohroperationen, eine Entgratoperation oder eine Fluidstrahloperation. Dafür können entsprechende Arbeitsstationen vorgesehen sein. Auch eine Messstation kann ggf. integriert sein.

[0011] Bei den hier betrachteten Honmaschinen weist eine Honstation mindestens einen Horizontalschlitten auf, der von dem Maschinenoberteil getragen wird und der mittels eines Horizontalschlitten-Antriebs numerisch gesteuert in einer Horizontalrichtung verfahrbar ist. Der Horizontalschlitten trägt mindestens eine Honeinheit, die eine Honspindel aufweist, welche um eine vertikale Spindelachse drehbar und parallel zur Spindelachse hin und her bewegbar ist. Die Honeinheit bzw. die Honspindel kann aufgrund der Anordnung am Horizontalschlitten in unterschiedlichen Positionen in horizontaler Richtung positioniert werden.

[0012] Es ist möglich, einen Horizontalschlitten an einer Oberseite des Maschinenoberteils anzuordnen. Vorzugsweise ist jedoch der Horizontalschlitten an einer Seitenfläche des Maschinenoberteils angebracht. Dadurch können auch bei kompakter Bauweise gegenseitige Störungen von Horizontalschlitten besser vermieden werden.

[0013] Der Maschinenbasis bzw. dem Maschinenunterteil der Honmaschine ist eine Stützkonstruktion zugeordnet, so dass ein fester räumlicher Bezug zwischen Maschinenbasis und Stützkonstruktion besteht. Die Stützkonstruktion kann z.B. auf der Maschinenbasis angeordnet bzw. montiert sein, so dass die Maschinenbasis die Stützkonstruktion trägt. Die Stützkonstruktion kann auch direkt auf dem Boden stehen und lediglich mit der Maschinenbasis verschraubt sein, so dass diese hauptsächlich als seitliche Stütze für die Stützkonstruktion fungiert.

[0014] Die Stützkonstruktion ist eine tragende Baugruppe für mechanisch-funktionelle Komponenten der Honmaschine. Diese können zum großen Teil oder ausschließlich an dem von der Stützkonstruktion getragenen Maschinenoberteil angebracht sein. Dies gilt jedenfalls für die Horizontalschlitten (einen oder mehrere) sowie alle von einem Horizontalschlitten getragenen Komponenten, z.B. die Honeinheiten. An und/oder in der Stützkonstruktion oder einem ihrer Bestandteile können z.B. Versorgungsleitungen für elektrische, pneumatische

und/oder hydraulische Komponenten verlaufen.

[0015] Die Honmaschine weist ein Transportsystem zum Transportieren von Werkstücken auf einer Transportbahn auf. Das Transportsystem bildet ein maschineninternes Transfersystem, mit dem ein schneller Transfer der Werkstücke zwischen den einzelnen Arbeitsstationen realisiert werden kann. Das Transportsystem kann z.B. auf der Maschinenbasis montiert sein. Der Begriff "Transportbahn" bezeichnet hierbei den Weg, den ein transportiertes Werkstück beim Transport nehmen kann.

[0016] Entlang der Transportbahn sind mehrere Arbeitsstationen angeordnet. Ein Werkstück kann durch Fortbewegung des Transportsystems nacheinander an unterschiedliche Arbeitsstationen der Honmaschine transportiert werden. Wenn einer Arbeitsstation mindestens eine Bearbeitungseinheit zur Durchführung einer das Werkstück verändernden Bearbeitungsoperation am Werkstück zugeordnet ist (z.B. eine Honeinheit zum Honen, eine Bohreinheit zum Bohren, eine Entgrateinheit zum Entgraten etc.), kann die Arbeitsstation auch als Bearbeitungsstation bezeichnet werden. Es sind auch nicht-bearbeitende Arbeitsoperationen möglich, z.B. eine Messstation zur Durchführung von Messungen an Werkstücken, oder eine Ladestation.

[0017] Vorzugsweise ist das Transportsystem als Umlauf-Transportsystem zum Transportieren von Werkstücken auf einer umlaufenden Transportbahn ausgebildet. Die umlaufende Transportbahn ist vorzugsweise in Umlaufrichtung geschlossen, dies ist aber nicht zwingend. Durch einen maschineninternen Transfer entlang einer umlaufenden Transportbahn ist es möglich, mit einer einzigen Ladestation zum Beladen und Entladen der Werkstückaufnahmen auszukommen. Im Gegensatz zu Transfermaschinen ist es also möglich, dass die Werkstücke die Honmaschine an der gleichen Stelle verlassen, an der sie der Honmaschine zugeführt wurden. Dies erleichtert das Be- und Entladen und insbesondere auch die Ankopplung der Honmaschine an ein externes Fördersystem. Es können auch zwei Ladestationen an unterschiedlichen Positionen entlang der Transportbahn vorgesehen sein, z.B. eine zum Beladen und eine andere zum Entladen des Umlauf-Transportsystems.

[0018] Einige Vorteile der beanspruchten Erfindung können prinzipiell auch genutzt werden, wenn anstelle des Umlauf-Transportsystems zum Transportieren von Werkstücken auf einer z.B. kreisförmig umlaufenden Transportbahn ein Lineartransportsystem zum Transportieren von Werkstücken auf einer geradlinigen Transportbahn genutzt wird. Die Arbeitsstationen können also auch, wie bei einer Transfermaschine, in Reihe zueinander liegen.

[0019] Mit Hilfe eines externen Fördersystems kann die Honmaschine bei Bedarf mit anderen Honmaschinen und/oder mit sonstigen Bearbeitungsmaschinen (z.B. Feinbohrmaschinen) zur Bildung einer Fertigungsanlage verkettet werden. Die Anordnung ist in Kombination mit unterschiedlichen Be- und Entladekonzepten nutzbar,

z.B. mit einem Portallader mit einem horizontal und vertikal verfahrbaren Greifarm, mit einem Laderoboter und/oder mit einem Pendelschlitten.

[0020] Eine von einem Horizontalschlitten getragene Honeinheit ist in Horizontalrichtung so positionierbar, dass eine Bohrung eines Werkstücks, welches mit Hilfe des Transportsystems in die Nähe oder in eine Arbeitsposition bzw. Bearbeitungsposition der Honstation transportiert wurde, mittels eines von der Honspindel getragenen Honwerkzeugs durch Honen bearbeitet werden kann. Wenn das Transportsystem so eingerichtet ist, dass ein Werkstück mit Hilfe des Transportsystems unmittelbar in eine Arbeitsposition bzw. Bearbeitungsposition der Honstation transportiert wird, werden die Funktionen des Werkstück-Transports und der Werkstück-Positionierung durch das Transportsystem realisiert und es ist kein gesondertes Umsetzen erforderlich. Es ist auch möglich, die Funktionen des Werkstück-Transports und der Werkstück-Positionierung zu trennen. Dann reicht es, wenn das Werkstück mithilfe des Transportsystems derart in die Nähe einer Arbeitsposition oder Bearbeitungsposition transportiert wird, dass das Werkstück danach durch eine einfache weitere Operation in die gewünschte Arbeitsposition bzw. Bearbeitungsposition gebracht wird.

[0021] Eine Besonderheit besteht darin, dass der Horizontalschlitten einen Hubschlitten trägt, der mittels eines Hubschlitten-Antriebs numerisch gesteuert in einer Vertikalrichtung verfahrbar ist. Die Honmaschine hat also eine weitere über die Steuereinheit der Honmaschine ansteuerbare Maschinenachse, die eine gesteuerte Hubbewegung des Hubschlittens bewirken kann. Der Hubschlitten trägt weitere funktionelle Komponenten der Honmaschine, nämlich eine Gegenhaltereinrichtung und ein Werkzeugmagazin mit mehreren Werkstückaufnahmen zur Aufnahme jeweils eines Honwerkzeugs. Gemäß einer anderen Formulierung kann die Lösung ggf. auch so beschrieben werden, dass der Hubschlitten eine Gegenhaltereinrichtung mit integriertem Werkzeugmagazin trägt. Gemäß einer anderen Formulierung ist ein mittels des Hubschlittens vertikal verfahrbares Werkzeugmagazin vorgesehen, das als Bestandteil einer vertikal verfahrbaren Gegenhaltereinrichtung angesehen werden kann.

[0022] Diese Einrichtungen sind mittels des Horizontalschlittens gemeinsam mit der Honeinheit horizontal verfahrbar. Mithilfe des Hubschlittens kann eine von den Bewegungen der Honspindel unabhängige Vertikalbewegung durchgeführt werden. Die Gegenhaltereinrichtung und das Werkzeugmagazin bieten weitere wichtige Funktionalitäten der Honbearbeitung, die in räumlich kompakter Form am Horizontalschlitten angebracht und durch Bewegung des Horizontalschlittens gemeinsam mit der Honeinheit verfahren bzw. positioniert werden können.

[0023] Die Gegenhaltereinrichtung ist so konstruiert, dass sie bei Bedarf vertikal nach oben gerichtete Bearbeitungskräfte beim Honen aufnehmen kann. Die Ge-

genhaltereinrichtung ist mithilfe des Hubschlittens unabhängig von der Honspindel parallel zur Spindelachse, also in vertikaler Richtung verfahrbar und kann bei Bedarf für die Bearbeitung des Werkstücks mit vorgegebener Auflagekraft auf das Werkstück aufgesetzt werden, um dieses in Vertikalrichtung spielfrei zu halten (Andrückkraft nahe null) oder gegebenenfalls mit einer gewissen Andrückkraft niederzuhalten. Dies ermöglicht den Einsatz von Werkstückaufnahmen, die keine eigene Spannvorrichtung zum Sichern des Werkstücks gegen Abheben bei der Honbearbeitung aufweisen. Damit ist in jedem Fall eine störungsfreie Honbearbeitung ohne Abheben des Werkstücks von der Werkstückaufnahme sichergestellt. Die Gegenhaltereinrichtung ist vorhanden, sie muss nicht zwingend in jeder Bearbeitungsoperation eingesetzt werden.

[0024] Durch die Integration eines horizontal mitfahrenden Werkzeugmagazins am Horizontalschlitten kann die Werkzeugwechselfunktion permanent in räumlicher Nähe zur Honeinheit bzw. zur Honspindel positioniert sein. Auf eine Werkzeugwechseinrichtung mit einem separat von der Honeinheit angebrachten Werkzeugmagazin kann daher verzichtet werden. Der horizontale Verfahrweg des Horizontalschlittens kann somit wesentlich kürzer ausgelegt werden als bei herkömmlichen Honmaschinen, bei denen mithilfe des Horizontalschlittens ein externer Werkzeugwechsel angefahren wurde (siehe zum Beispiel Fig. 2 in der WO 2013/117482 A1). Die Länge des Verfahrwegs des Horizontalschlittens braucht lediglich so groß zu sein, dass alle bei der Bearbeitung eines Werkstücks erforderlichen Horizontalbewegungen sowie alle bei der Anpassung der Honmaschine an unterschiedliche Werkzeugdimensionen benötigten Verfahrwege bereitgestellt werden. Der Verfahrweg kann z.B. bei maximal 500 mm liegen. Wenn alle erforderlichen Verfahrwege relativ kurz sind, so ist es möglich, die Honmaschine in jeder Richtung, in welcher ein Horizontalschlitten bewegt wird, relativ kurz bzw. kompakt zu halten.

[0025] Für die Auslegung des Werkzeugmagazins sind unterschiedliche Lösungen möglich. Das Werkzeugmagazin kann beispielsweise als Linearmagazin ausgestaltet sein. Bei bevorzugten Ausführungsformen ist das Werkzeugmagazin als Rundmagazin ausgebildet. Hierdurch kann eine kompakte Bauform mit günstigem Verhältnis zwischen der Anzahl der verfügbaren Werkzeugaufnahmen und den lateralen Dimensionen des Werkzeugmagazins erreicht werden. Das Rundmagazin kann beispielsweise eine ringförmige Anordnung mit vier bis zwölf Werkzeugaufnahmen aufweisen, insbesondere mit sechs oder acht Werkzeugaufnahmen.

[0026] Bei einer Weiterbildung liegen Werkstückaufnahmen des Rundmagazins auf einem Teilkreis, welcher durch die Verlängerung der Spindelachse verläuft. In diesem Fall kann allein durch Drehung des Rundmagazins um eine vertikale Magazin-Drehachse mithilfe eines Magazin-Antriebs wahlweise eine der Werkstückaufnahmen in eine Werkzeugwechselposition gebracht werden,

die in Verlängerung der Spindelachse liegt.

[0027] Bei einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass jede der Werkstückaufnahmen eine vertikale Durchgangsöffnung zum Hindurchführen eines Honwerkzeugs sowie eine Werkzeug-Haltevorrichtung zum Halten eines Honwerkzeugs in der Durchgangsöffnung aufweist, wobei die Werkzeug-Haltevorrichtung zwischen einer Haltekonfiguration und einer Freigabekonfiguration umstellbar ist. Die Umstellung kann je nach Bedarf manuell oder mithilfe eines gesteuerten Stellantriebs automatisch erfolgen.

[0028] Bei einigen Ausführungsformen ist das Werkzeugmagazin mit weiteren Einrichtungen für zusätzliche Funktionalitäten ausgestattet. Bei manchen Ausführungsformen ist jeder der Werkstückaufnahmen eine Zentriereinrichtung zur Zentrierung des Honwerkzeugs für das Einführen in eine zu bearbeitende Bohrung zugeordnet. Die Zentriereinrichtung kann einen vorzugsweise durchmesserabhängigen Spürling aufweisen, welcher neben der Zentrierfunktion auch die Funktion der kontrollierten Zuführung von Kühlschmierstoff in die Bohrung während der Honbearbeitung aufweist. Es kann somit ein Zentrier- und Spürling vorgesehen sein. Es ist auch möglich, eine Zentriereinrichtung als Konuszentrierung auszugestalten.

[0029] In vielen Fällen sind Honwerkzeuge mit Komponenten eines Messsystems zum Messen der Bohrung vor und/oder während und/oder nach einer Honbearbeitung ausgestattet. Häufig handelt es sich dabei um ein pneumatisches Bohrungsmesssystem mit einer oder mehreren am Honwerkzeug angebrachten Messdüsen, die eine robuste Durchmessermessung oder Formmessung der Bohrung mit hoher Genauigkeit ermöglichen. Bei manchen Ausführungsformen ist jeder der Werkstückaufnahmen mindestens ein Referenzring zum Referenzieren des Bohrungsmesssystems des Honwerkzeugs zugeordnet. Dadurch ist es möglich, das Bohrungsmesssystem zu geeigneten Zeitpunkten an einem Referenzring genau bekannten Innendurchmessers zu referenzieren, um auf Dauer eine hohe Messgenauigkeit zu gewährleisten.

[0030] Um die Gegenhaltefunktion der vertikal verfahrbaren Baugruppe zu optimieren, kann an jeder der Werkzeugaufnahmen an einem werkstückseitigen Ende mindestens ein Druckelement zum Aufsetzen auf die Oberseite des Werkstücks angebracht sein. Bei den Druckelementen kann es sich beispielsweise um werkstückabhängige Druckringe oder andere, gegebenenfalls austauschbare Druckstücke handeln. Ein Druckelement kann aus einem elastisch etwas nachgiebigen Material, wie z.B. Hartgummi oder Kunststoff, bestehen, wodurch eine besonders oberflächenschonende Andrückung an das Werkstück möglich ist. Druckelemente aus Metall, z.B. Stahl oder einem weicheren Metall, wie z.B. Aluminium, sind ebenfalls möglich. Druckelemente sind funktionelle Bestandteile der Gegenhaltereinrichtung und bieten mindestens eine Kontaktfläche zum Aufsetzen auf die Werkstückoberseite.

[0031] Es gibt unterschiedliche Ausgestaltungsmöglichkeiten für die Stützkonstruktion. Die Stützkonstruktion kann beispielsweise zwei, drei, vier oder mehr Ständer aufweisen, die an und/oder auf der Maschinenbasis so angeordnet sind, dass sie außerhalb der Transportbahn liegen und der Arbeitsraum zwischen den Ständern von der Seite her frei zugänglich ist (vgl. z.B. WO 2013/117482 A1).

[0032] Bei einer Ausführungsform mit Umlauf-Transportsystem weist die Stützkonstruktion eine Innensäule auf und das Umlauf-Transportsystem ist zum Transportieren von Werkstücken auf einer um die Innensäule herum verlaufenden Transportbahn ausgebildet. Hierdurch ist eine gute Zugänglichkeit des Bereichs der Transportbahn von allen Seiten gewährleistet. Der Begriffsbestandteil "Säule" steht hier allgemein für eine frei stehende, tragfähige, in sich stabile Baugruppe, die aus einem einzigen Bauteil bestehen oder aus mehreren miteinander verbundenen Bauteilen zusammengesetzt sein kann. Die in Vertikalrichtung gemessene Höhe ist in der Regel mehrfach größer als die Querschnittsdimension der Innensäule. Wesentlich ist die Tragefunktion für die daran angebrachten Komponenten. Diese Tragefunktion kann die Haupt-Funktion der Innensäule sein, so dass diese für die Tragefunktion optimiert sein kann. Die Innensäule kann z.B. durch ein Rohr mit hohlem Innenraum gebildet sein, wodurch bei vergleichsweise moderatem Gewicht und Materialeinsatz eine hohe Stabilität und Last-Tragfähigkeit erzielbar ist. Das Rohr kann ein zylindrisches Rohr (mit kreisförmigem Querschnitt) sein, auch andere Querschnittsformen, z.B. polygonale Formen, wie z.B. eine dreieckige, viereckige, insbesondere quadratische, oder eine sechseckige (hexagonale) Querschnittsform sind möglich. Die Innensäule kann auch einen oder mehrere T-Träger oder einen oder mehrere Doppel-T-Träger aufweisen oder durch eine solche Komponente gebildet sein. Die Innensäule kann eine verwindungsstabile Strebenkonstruktion aufweisen, die offen oder außen verkleidet sein kann. Die Innensäule kann mehrere übereinander gestapelte Säulenabschnitte aufweisen, die miteinander lösbar oder fest verbunden sind.

[0033] Zusätzlich zur Innensäule kann ggf. eine zweite Säule, z.B. eine außerhalb der Transportbahn angeordnete Säule, vorhanden sein, die ebenfalls als Träger für das Maschinenoberteil dient und einen Teil der Last aufnimmt.

[0034] Um eine hohe Produktivität zu ermöglichen, hat die Honmaschine vorzugsweise zwei oder mehr Arbeitsstationen, die als Honstation ausgebildet sind. Bei einer Ausführungsform weist die Honmaschine wenigstens drei Arbeitsstationen auf, die als Honstation ausgebildet sind. Insbesondere können genau drei Honstationen vorgesehen sein. Bei einer Ausführungsform ist eine erste Honstation an einer ersten Seite, eine dritte Honstation an einer zur ersten Seite diametral gegenüberliegenden dritten Seite und eine zweite Honstation an der Transportbahn zwischen der ersten und der dritten Honstation

an einer zweiten Seite angeordnet. Wenn drei Seiten der Honmaschine mit Honstationen ausgestattet sind, ist eine besonders platzsparende Anordnung einer Vielzahl von Honeinheiten möglich.

[0035] Vorzugsweise weist jede der Honstationen einen Horizontalschlitten und jede der Honeinheiten die mit einer Honeinheit gemeinsam verfahrbaren Einheiten (Hubschlitten, Gegenhaltereinrichtung, Werkzeugmagazin) auf.

[0036] Es sind Honstationen möglich, die nur eine einzige Honeinheit und dementsprechend nur eine einzige Honspindel aufweisen. Eine höhere Produktivität können Ausführungsformen bieten, bei denen wenigstens eine Honstation zwei oder mehr Honeinheiten aufweist, die zeitgleich arbeiten können. Bei manchen Ausführungsformen sind drei Honstationen mit jeweils zwei Honeinheiten vorgesehen, so dass es sich bei der Honmaschine um eine sechs-spindlige Honmaschine handelt. Hierdurch kann ein guter Kompromiss zwischen hoher Produktivität einerseits und gleichzeitig kompakter Bauweise andererseits geschaffen werden.

[0037] Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten der Ausgestaltung eines Umlauf-Transportsystems. Manche Ausführungsformen zeichnen sich dadurch aus, dass das Umlauf-Transportsystem einen Rundtisch aufweist, der um eine vertikale Rundtischachse drehbar ist und mehrere Werkstückaufnahmen aufweist, die mit radialem Abstand zur Rundtischachse in Umfangsrichtung zueinander versetzt derart angeordnet sind, dass ein in einer Werkstückaufnahme aufgenommenes Werkstück durch Drehung des Rundtisches nacheinander an unterschiedliche Arbeitsstationen der Honmaschine transportierbar ist. In manchen Varianten ist der Rundtisch mittels eines Hubantriebs vertikal zwischen einer unteren Position und einer oberen Position verfahrbar ist, so dass der Rundtisch als Hub-Rundtisch ausgelegt ist. Auch Varianten ohne Hubantrieb sind möglich.

[0038] Weitere im Rahmen der Honmaschine nutzbare Umlauf-Transportsysteme sind in dem Gebrauchsmuster DE 20 2016 002 857 U1 beschrieben, dessen Offenbarungsgehalt insoweit zum Inhalt der vorliegenden Beschreibung gemacht wird.

[0039] Die Offenbarung bezieht sich auch eine Fertigungsanlage mit mehreren Bearbeitungsmaschinen zur Bearbeitung eines Werkstücks und mit einem Fördersystem zur Förderung von Werkstücken zu den Bearbeitungsmaschinen und von den Bearbeitungsmaschinen. Mindestens eine der Bearbeitungsmaschinen ist eine Honmaschine gemäß der beanspruchten Erfindung.

[0040] Für die Beladung und Entladung des Transportsystems der Honmaschine im Bereich einer Ladestation der Honmaschine kann z.B. mindestens eine der folgenden Einrichtungen vorgesehen sein: ein Portallader mit einem horizontal und vertikal verfahrbaren Greifarm; ein Laderoboter; ein Pendelschlitten.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0041] Weitere Vorteile und Aspekte der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen der Erfindung, die nachfolgend anhand der Figuren erläutert sind.

Fig. 1 zeigt eine schrägperspektivische Ansicht einer Ausführungsform einer Honmaschine mit Innensäule;

Fig. 2 zeigt eine Draufsicht der Honmaschine in Fig. 1;

Fig. 3 zeigt eine isometrische Ansicht einer Baugruppe mit Gegenhaltereinrichtung und Werkzeugwechselsemagazin gemäß einer Ausführungsform;

Fig. 4 zeigt einen Längsschnitt durch die Baugruppe aus Fig. 3; und

Fig. 5 zeigt eine schrägperspektivische Ansicht auf die Unterseite des Werkzeugmagazins der Baugruppe.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0042] Fig. 1 zeigt eine schrägperspektivische Ansicht einer Honmaschine 100 gemäß einer Ausführungsform von ihrer Be- und Entladeseite. Fig. 2 zeigt eine Draufsicht der Honmaschine. Die Honmaschine weist drei Honstationen 160-1, 160-2, 160-3 mit jeweils zwei unabhängig voneinander steuerbaren Honeinheiten auf und ist dafür eingerichtet, die Zylinderbohrungen von Werkstücken W in Form von Zylinderkurbelgehäusen in mehreren unterschiedlichen Honoperationen (z.B. Vorhonen, Zwischenhonen und Fertighonen) komplett zu bearbeiten.

[0043] Die 6-spindlige Honmaschine hat eine rechteckige Maschinenbasis 110, die sämtliche mechanischen Komponenten der Honmaschine trägt. Die Maschinenbasis hat in einer ersten Richtung der Honmaschine (entsprechend der x-Richtung des Maschinenkoordinatensystems MKS, auch als Längsrichtung bezeichnet) eine Länge, die im Wesentlichen der Breite in der zur ersten Richtung orthogonalen zweiten Richtung (entsprechend der y-Richtung des Maschinenkoordinatensystems, auch als Breitenrichtung oder Querrichtung bezeichnet) entspricht. Die Breite der Maschinenbasis kann beispielsweise zwischen 1800 mm und 3000 mm liegen. Die in Breitenrichtung schmale Bauform erlaubt einen Transport der komplett vormontierten Maschinenbasis auf üblichen Transportmitteln, zum Beispiel mittels LKW oder Schienenfahrzeug.

[0044] Auf der Maschinenbasis ist etwa mittig zwischen den in x-Richtung verlaufenden Seiten eine verti-

kale Säule montiert, die hier als Innensäule 150 bezeichnet wird. Die Innensäule 150 bildet eine zentrale Stützkonstruktion bzw. Trägerstruktur der Honmaschine und ist entsprechend stabil und verwindungssteif ausgelegt. Beim Ausführungsbeispiel wird die Innensäule 150 im Wesentlichen durch ein kreiszylindrisches Stahlrohr geeigneter Wanddicke gebildet. Zur Erzielung einer ausreichenden Lasttragfähigkeit liegt der Durchmesser der Innensäule in der Regel bei 500 mm oder mehr, beispielsweise im Bereich von 700 mm bis 800 mm. Die Wanddicke kann z.B. im Bereich von 5 mm bis 20 mm liegen. Die in Vertikalrichtung (z-Richtung) gemessene Höhe der Innensäule beträgt ein Mehrfaches der Querschnittsdimensionen und kann z.B. im Bereich von 800 mm bis 2000 mm liegen. Die zylindrische Außenseite der Innensäule trägt im gezeigten Beispiel keine mechanischen Funktionseinheiten der Honmaschine, insbesondere keine Bearbeitungseinheiten.

[0045] Im Bereich des oberen Endes der Innensäule 150 ist das Maschinenoberteil 120 der Honmaschine an der Innensäule z.B. mittels einer stirnseitigen Flanschverbindung befestigt. Das Maschinenoberteil ist in einem vertikalen Abstand von z.B. 800 mm bis 2000 mm) oberhalb der Maschinenbasis angeordnet und wird ausschließlich durch die Innensäule 150 getragen.

[0046] Das Maschinenoberteil 120 des Ausführungsbeispiels hat eine etwa quaderförmige Gestalt und hat in y-Richtung eine Breite, die etwas größer als der Durchmesser der Innensäule 150 ist, jedoch geringer als das Doppelte dieses Durchmessers. Die Länge in x-Richtung ist genauso groß, so dass das Maschinenoberteil einen im Wesentlichen quadratischen Querschnitt (in der x-y-Ebene) aufweist (vgl. Fig. 2). Die Innensäule 150 und das darauf montierte Maschinenoberteil 120 bilden in diesem Beispielsfall eine zur Mittellängsachse der Innensäule symmetrische T-förmige Anordnung in der Weise, dass der Massenschwerpunkt des Maschinenoberteils 120 oberhalb der Innensäule im Wesentlichen auf deren Mittellängsachse liegt.

[0047] Der Bereich zwischen der Unterseite des Maschinenoberteils 120 und der Oberseite der Maschinenbasis 110 enthält den Arbeitsraum der Honmaschine. Da das Maschinenoberteil ausschließlich durch die mit Abstand zum Rand der Maschinenbasis angeordnete Innensäule 150 getragen wird, ist der Arbeitsraum in diesem Beispiel von allen Seiten prinzipiell für einen Bediener oder für Bedieneinheiten zugänglich.

[0048] Die sechs unabhängig voneinander steuerbaren Honeinheiten 180-1, 180-2, 180-3, 180-4, 180-5 und 180-6 der Honmaschine werden von dem Maschinenoberteil 120 getragen. Der Aufbau einer Honeinheit wird nachfolgend anhand der Honeinheit 180-1 beschrieben.

[0049] Die Honeinheit 180-1 umfasst einen Spindelkasten 182, der als Lagerung für die Honspindel 184 dient, die mit vertikaler Spindelachse im Spindelkasten geführt ist. Die Drehung der Honspindel um die Spindelachse wird durch einen Drehantrieb bewirkt. Ein Hubantrieb bewirkt die parallel zur Spindelachse verlaufenden

Vertikalbewegungen der Honspindel beim Einführen des Honwerkzeugs 185 in die zu bearbeitende Bohrung bzw. beim Herausziehen des Honwerkzeugs aus dieser Bohrung. Das Honwerkzeug ist mittels einer Antriebsstange 186 doppelt-gelenkig an die Honspindel angekoppelt. Der Hubantrieb kann während der Honbearbeitung so angesteuert werden, dass das Honwerkzeug innerhalb der Bohrung des Werkstücks eine vertikale Hin- und Herbewegung entsprechend der gewünschten Honparameter ausführt.

[0050] Die Honeinheit 180-1 hat ein Zustellsystem, das zwei unabhängig voneinander betätigbare Zustelleinrichtungen umfasst, um ggf. Honwerkzeuge mit Doppelaufweitung ansteuern zu können. Da der Aufbau von doppelt aufweitenden Zustellsystemen an sich bekannt ist, wird auf eine detaillierte Beschreibung hier verzichtet.

[0051] Die Honeinheit 180-1 ist auf einem Horizontal-schlitten 190 montiert, der vom Maschinenoberteil 120 getragen wird. Der Horizontalschlitten läuft auf einem Paar von Führungsschienen 192, die vertikal übereinander an einer parallel zur ersten Richtung (x-Richtung) verlaufenden Seitenfläche des Maschinenoberteils 120 montiert sind. Die lineare Verfahrrichtung des Horizontalschlittens der ersten Honstation verläuft also in Längsrichtung (x-Richtung) der Honmaschine. Der Antrieb für die Schlittenbewegung erfolgt über einen Horizontalschlitten-Antrieb mit einem Servomotor, der eine parallel zu den Führungsschienen verlaufende Kugelrollspindel antreibt, auf der eine Spindelmutter sitzt, die an der Unterseite der Grundplatte des Horizontalschlittens befestigt ist. Auch andere Antriebskonzepte sind möglich, beispielsweise Zahnstangenantrieb oder Riemenantrieb.

[0052] An der in Fig. 1 links erkennbaren Seite des Maschinenoberteils sind zwei identisch aufgebaute Honeinheiten 180-1, 180-2 nebeneinander montiert. Diese gehören zur ersten Honstation 160-1. Die Honeinheiten sind unabhängig voneinander horizontal gesteuert verfahrbar. Das kann z.B. dadurch erreicht werden, dass die Honeinheiten auf unabhängig voneinander verfahrbaren Horizontalschlitten montiert sind. Diese beiden Horizontalschlitten können auf den gleichen Führungsschienen 192 laufen. Für jeden der Schlitten kann ein eigener Antrieb vorgesehen sein. Es ist auch möglich, dass ein auf den Führungsschienen laufender erster Horizontalschlitten beide Honeinheiten trägt, wobei eine der Honeinheiten fest an diesem Horizontalschlitten montiert ist und dieser Horizontalschlitten Führungsschienen für einen gesonderten zweiten Horizontalschlitten trägt, an dem die andere Honeinheit befestigt ist. Dadurch kann der laterale Abstand der Spindelachsen der beiden vom ersten Horizontalschlitten getragenen Honeinheiten verstellt werden. Ein weitere Möglichkeit besteht darin, dass die Honeinheiten auf unabhängig voneinander verfahrbaren Horizontalschlitten montiert sind, die auf den gleichen Führungsschienen 192 laufen, wobei diese Horizontalschlitten mit verstellbarem Abstand zueinander miteinander gekoppelt sind. Ein erster Antrieb dient dann zum gemeinsamen Bewegen der Horizontalschlitten ent-

lang der Führungsschienen, während ein zweiter Antrieb zur numerisch steuerbaren Verstellung des Spindelabstands dient.

[0053] An der der Be- und Entladeseite gegenüber liegenden Rückseite befindet sich eine entsprechende Anordnung mit zwei unabhängig voneinander linear horizontal verfahrbaren Honeinheiten 180-3 und 180-4. Diese sind in y-Richtung (Querrichtung) verfahrbar und gehören zur zweiten Honstation 160-2.

[0054] An der der ersten Honstation diametral gegenüberliegenden anderen Längsseite befindet sich eine entsprechende Anordnung mit zwei weiteren unabhängig voneinander linear horizontal verfahrbaren Honeinheiten 180-5, 180-6. Diese sind in x-Richtung (Längsrichtung) verfahrbar und gehören zur dritten Honstation 160-3.

[0055] Auf der Maschinenbasis 110 ist ein Transportsystem 130 in Form eines Umlauf-Transportsystems 130 zum Transportieren von Werkstücken auf einer um die Innensäule 150 herum verlaufenden Transportbahn 132 angeordnet. Das Umlauf-Transportsystem umfasst im Beispielsfall einen Rundtisch, der einen um die Innensäule herum verlaufenden ringförmigen Vorrichtungsträger aufweist und daher auch als Ringtisch bezeichnet werden kann. Der Rundtisch ist unbegrenzt um eine koaxial mit der Längsmittelachse der Innensäule verlaufende vertikale Rundtischachse drehbar und in vorgebaren Drehstellungen fixierbar, so dass er auch als Rundschalttisch bezeichnet werden kann.

[0056] Der Rundtisch bzw. der Vorrichtungsträger des Rundtischs weist einen konzentrisch zur Rundtischachse bzw. zur Längsmittelachse der Innensäule liegenden Innenring 133 auf, von dem an vier um 90° in Umfangsrichtung versetzten Positionen jeweils radial langgestreckte, plattenförmige Tragarme 134 horizontal abragen. Jeder Tragarm weist an seine Oberseite eine Werkstückaufnahme 135 auf.

[0057] Der Ringtisch bzw. Rundtisch 130 weist zusätzlich zu dem Drehantrieb, der die Drehung um die Rundtischachse bewirkt, noch einen Hubantrieb auf, um den Vorrichtungsträger des Ringtischs gesteuert durch die Maschinensteuerung der Honmaschine bei Bedarf in Vertikalrichtung (z-Richtung, parallel zur Rundtischachse) anzuheben oder abzusenken. Der Rundtisch ist somit als Hub-Rundtisch ausgelegt. Er wird im Beispielsfall genutzt, um einen Werkstücktransport nach Art eines Rundschritthubs auszuführen.

[0058] An jeder der Arbeitsstationen, also an jeder der Honstationen sowie an der Ladestation, ist auf der Maschinenbasis 110 eine maschinenfeste Werkstück-Stützeinrichtung 170 (siehe bei Ladestation 140) befestigt. Die vier Werkstück-Stützeinrichtungen haben identischen Aufbau. Eine Werkstück-Stützeinrichtung hat zwei vertikale, im Wesentlichen plattenförmige Stützelemente 172-1, 172-2, die in einen lateralen Abstand voneinander haben. Die freien oberen Stirnseiten der Stützelemente dienen als Abstützflächen, auf die das Werkstück W (Zylinderkurbelgehäuse) mit seiner Unterseite aufgesetzt

werden kann. Die freien Oberseiten der Stützelemente dienen als zweite Stützstrukturen zum Abstützen des Werkstücks in zweiten Stützbereichen an der Unterseite des Werkstücks, wobei diese zweiten Stützbereiche an den Längsenden der Zylinderkurbelgehäuse liegen. Die zweiten Stützstrukturen weisen Indexiereinrichtungen zur positionsrichtigen Aufnahme eines Werkstücks (Zylinderkurbelgehäuse) an den Werkstück-Stützeinrichtungen auf. Diese Indexiereinrichtungen (Indexbolzen/Indexbohrungen) sind korrespondierend zu Indexiereinrichtungen an der Unterseite des Werkstücks ausgebildet, so dass beim Absetzen eines Werkstücks dieses mithilfe der Indexiereinrichtungen selbsttätig mit hoher Positioniergenauigkeit in die Bearbeitungsposition gelangt. Das Werkstück kann in der Bearbeitungsposition (z.B. bei jeder der Honstationen) durch geeignete Spanneinrichtungen festgespannt werden. Im Beispielsfall wird auf gesonderte Spanneinrichtungen verzichtet, da eine später noch erläuterte Gegenhaltereinrichtung 330 vorhanden ist, die ein Abheben der Werkstücke während der Bearbeitung verhindert.

[0059] Die Honmaschine 100 hat vier entlang der kreisförmigen Transportbahn 132 des Umlauf-Transportsystems angeordnete Arbeitsstationen. Der Rundtisch dient als maschineninternes Transfersystem in der Weise, dass ein in einer Werkstückaufnahme des Rundtischs aufgenommenes Werkstück durch Drehung des Rundtischs nacheinander an die unterschiedlichen Arbeitsstationen der Honmaschine transportiert werden kann. In der dargestellten Konfiguration von Fig. 1 ist die an der sichtbaren Vorderseite der Maschinenbasis angeordnete Arbeitsstationen eine Ladestation 140 zum Beladen und Entladen des Umlauf-Transportsystems 130 bzw. des Rundtischs. Beim Beispiel von Fig. 1 ist das Maschinenoberteil 120 an der Seite der Ladestation 140 so kurz, dass die Transportbahn 132 von oben zugänglich ist (vgl. Fig. 2). Zum Be- und Entladen kann also beispielsweise ein Portalgreifer genutzt werden. Eine Be- und Entladung von vorne, z.B. mittels eines Laderoboters oder eines Pendelschlittens, ist ebenfalls möglich.

[0060] Zu jeder der sechs Honeinheiten 160-1 bis 160-6 gehört eine Baugruppe 300, die einen von dem zugehörigen Horizontalschlitten getragenen Hubschlitten 310 aufweist, der mithilfe eines elektromotorischen Hubschlitten-Antriebs 312 in Vertikalrichtung (z-Richtung) verfahrbar ist. Der Hubschlitten 310 trägt eine (mittels des Hubschlittens vertikal verfahrbare) Gegenhaltereinrichtung 330 und ein darin integriertes Werkzeugmagazin 350 mit mehreren Werkzeugaufnahmen 360, die jeweils zur Aufnahme eines einzigen Honwerkzeugs ausgebildet sind. Ein Ausführungsbeispiel der Baugruppe ist in Fig. 3 in schräger Perspektive gezeigt, Fig. 4 zeigt einen Längsschnitt durch die Baugruppe, Fig. 5 zeigt eine schrägperspektivische Ansicht auf die Unterseite des Werkzeugmagazins.

[0061] Zur Baugruppe 300 gehört eine Distanzkonsole 320, die die Form eines liegenden U mit einseitiger Öffnung hat und der starren Anbindung der Baugruppe 300

an die Honeinheit und/oder an den Horizontalschlitten dient. Die Distanzkonsole kann beispielsweise mittels Schrauben lösbar am Spindelkasten der Honeinheit und/oder an dem die Honeinheit tragenden Horizontalschlitten befestigt sein. Im Beispielsfall ist die Distanzkonsole unterhalb des Spindelkastens direkt an dem Horizontalschlitten befestigt. Es ist auch möglich, die Funktion der Distanzkonsole durch eine fest mit dem Horizontalschlitten verbundene horizontale Montageplatte oder dergl. zu realisieren. Diese kann z.B. mit dem Horizontalschlitten verschweißt oder einstückig mit diesem ausgebildet sein.

[0062] An der Unterseite der Distanzkonsole ist eine im Querschnitt U-förmige Hubkonsole 322 befestigt, die an ihrer Innenseite ein Paar von vertikal verlaufenden Führungsschienen 314 aufweist, an denen die Führungsschuhe des Hubschlittens 310 geführt sind. Der im Bereich der Distanzkonsole 320 mit vertikaler Achse befestigte Servomotor des Hubschlitten-Antriebs 312 treibt eine vertikal ausgerichtete Kugelrollspindel an, auf der eine Spindelmutter läuft, die zwischen den Führungsschuhen an der zugewandten Seite des Hubschlittens 310 befestigt ist. Als Alternative kommt auch ein Linearantrieb in Betracht.

[0063] Der Hubschlitten 310 weist an seinem unteren Ende eine horizontale Montageplatte 316 auf, an der das Werkzeugmagazin 350 um eine vertikale Drehachse drehbar gelagert ist. Die Drehung des Werkzeugmagazins wird mittels eines mit Servomotor ausgestatteten Magazin-Antriebs 352 bewirkt, der an der Montageplatte mit vertikaler Achse montiert ist. Die Drehlagerung und der Antrieb für das Werkzeugmagazin sind im Bereich der Montageplatte 316 montiert.

[0064] Das Werkzeugmagazin 350 ist als Sechsfach-Rundmagazin ausgebildet. Die sechs untereinander identischen Werkzeugaufnahmen 360 liegen auf einem Teilkreis, welcher durch die Verlängerung der Spindelachse 187 verläuft, so dass durch Drehung des Rundmagazins jeweils eine der Werkzeugaufnahmen in eine zur Spindelachse zentrierte Arbeitsposition gebracht werden kann. Jede der Werkzeugaufnahmen 360 hat eine vertikale Durchgangsöffnung zum Hindurchführen eines Honwerkzeugs sowie eine Werkzeug-Haltevorrichtung 365, die zwischen einer Haltekonfiguration und einer Freigabekonfiguration umstellbar ist. In der Haltekonfiguration wird ein aufgenommenes Honwerkzeug innerhalb der Durchgangsöffnung gehalten und gegen Herabfallen gesichert. In der Freigabekonfiguration kann das Honwerkzeug, wenn es an die Honspindel bzw. an die Antriebsstange 186 angekoppelt ist, nach oben entnommen oder nach unten in Richtung Werkstück durchgeführt werden.

[0065] Das Werkzeugmagazin hat eine zentrale Trägerwelle 361, die mit vertikaler Achse unmittelbar an die Abtriebswelle des Magazin-Antriebs 352 angekoppelt ist. Am unteren Ende der Trägerwelle 361 ist eine massive, runde Basisplatte 362 mit sechs Durchgangsbohrungen zum Hindurchführen des Honwerkzeugs angebracht. Mit

Abstand oberhalb der Basisplatte befindet sich ein ringförmig um die Trägerwelle herum verlaufender mittlerer Ring 363 mit sechs Durchgangsöffnungen an den Orten der Werkzeugaufnahmen. Der vertikale Abstand zwischen Basisplatte und mittlerer Platte wird u.a. über Abstandhalter aufrechterhalten. Mit Abstand oberhalb des mittleren Rings 363 befindet sich ein Vorrichtungsrings 366, der sechs identische Ringsegmente aufweist ist, wobei zu jeder Werkzeugaufnahme eines der Ringsegmente gehört. Jedes der Ringsegmente trägt beweglich gelagerte Komponenten einer zangenartigen Werkzeug-Haltevorrichtung 365. Jede Werkstück-Haltevorrichtung hat eine Verriegelungseinrichtung zur Sicherung des gehaltenen Honwerkzeugs in der Werkzeugaufnahme. Die Verriegelungseinrichtung derjenigen Werkzeug-Haltevorrichtung, die sich in der zur Spindelachse fluchtenden Arbeitsposition befindet, kann mithilfe einer Werkzeugentriegelungseinrichtung 370 automatisch entriegelt werden. Ein pneumatischer Antrieb 372 der Werkzeugentriegelungseinrichtung ist neben dem Magazin-Antrieb 352 am Hubschlitten 310 montiert und wirkt über einen Kipphebel auf Entriegelungselemente der Werkzeug-Haltevorrichtung 365.

[0066] An der Unterseite der Basisplatte 362 ist für jede Werkzeugaufnahme ein Spül- und Zentrierring 380 befestigt, der an seiner werkstückzugewandten Stirnseite einen auswechselbaren, werkstückabhängigen Druckring 385 trägt. Die Versorgung der Spülringe mit Kühlschmierstoff erfolgt abschnittsweise über U-förmig nach unten hängende flexible Kühlschmierstoffschläuche 382, die die Auf- und Ab-Bewegung der vertikal verfahrbaren Baugruppe 300 ausgleichen. Im Bereich zwischen der Basisplatte 362 und dem mittleren Ring 363 ist für jede Werkzeugaufnahme ein hülsenförmiger Referenzring 390 angebracht, der eine zylindrische Innenkontur mit genau bekanntem Innendurchmesser hat und der als Referenzelement für ein werkzeuginternes Dimensionssystem dient.

[0067] Die Honmaschine 100 kann beispielsweise wie folgt genutzt werden. Ein noch unbearbeitetes Werkstück (Zylinderkurbelgehäuse) wird in einer Ladeoperation in die Honmaschine geladen. Hierbei befindet sich der Hub-Rundtisch 130 in seiner absenkenden Position und die Werkstück-Stützeinrichtung an der Ladestation 140 ist frei. Das Werkstück kann beispielsweise durch ein neben dem Maschinenoberteil 120 liegendes Fenster 142 in der Maschinenverkleidung oberhalb der Ladestation mittels eines Portalladers auf die Werkstück-Stützeinrichtung abgesenkt oder von vorne, durch eine in Fig. 1 gestrichelt gezeichnete Tür, in horizontaler Richtung geladen werden.

[0068] Nachfolgend wird das Werkstück in einer Rundschritthub-Operation zur ersten Honstation 160-1 transportiert. Diese Operation umfasst ein Anheben des Rundtisches 130 nach oben, so dass das Werkstück mittels des Tragarms von der Werkstück-Stützeinrichtung abgehoben wird, ein Weiterschalten des Rundtisches um 90° im Uhrzeigersinn, bis das Zylinderkurbelgehäuse

oberhalb der Werkstück-Stützeinrichtung der ersten Honstation 160-1 angeordnet ist, und ein Absenken des Hub-Rundtischs nach unten, wobei das Werkstück auf der Werkstück-Stützeinrichtung der ersten Honstation abgesetzt wird. Das Werkstück befindet sich dann in seiner Bearbeitungsposition. Die in Reihe zueinander angeordneten Zylinderbohrungen sind dann so angeordnet, dass alle Zylinderachsen in einer gemeinsamen Tangentialebene an einen Referenzkreis liegen, der konzentrisch zur Drehachse des Rundtischs liegt. Die Spindelachsen der beiden Honeinheiten 180-1, 180-2 der ersten Honstation 160-1 liegen ebenfalls in dieser Tangentialebene und können innerhalb dieser Tangentialebene durch Verfahren des Horizontalschlittens 190 in x-Richtung bewegt werden, so dass mit einer Honspindel unterschiedliche Zylinderbohrungen für die Bearbeitung angefahren werden können.

[0069] Zunächst werden zwei Zylinderbohrungen zeitlich parallel mittels der beiden Honeinheiten 180-1, 180-2 bearbeitet. Dazu werden die Honeinheiten vertikal oberhalb dieser Zylinderbohrungen positioniert. Dann werden die Baugruppen der Gegenhaltereinrichtung 330 mit integrierten Werkzeugmagazinen durch Verfahren des jeweiligen Hubschlittens nach unten in Richtung Werkstück abgesenkt, bis die Druckstücke der am unteren Ende dieser Einheit auf die Werkstückoberseite treffen. Dadurch wird das Werkstück mithilfe der Gegenhaltereinrichtung 330 gegen Abheben von der Werkstück-Stützeinrichtung während der Honbearbeitung gesichert.

[0070] Anschließend erfolgt die Honbearbeitung, indem die Honwerkzeuge in die zu bearbeitende Bohrungen eingeführt werden und dann die Honoperation ausführen. Die Einführoperation wird durch die am Rundtisch des Werkzeugmagazins befestigten Zentrier- und Spülringe unterstützt. Die Zentrier- und Spülringe unterstützen auch die Zufuhr von Kühlschmierstoff in die Bohrungen während der Bearbeitung.

[0071] Nach Abschluss der Bearbeitung des ersten Paares von Zylinderbohrungen werden die Baugruppen mit Werkzeugmagazin und Gegenhaltereinrichtung sowie die Honspindeln unabhängig voneinander, aber zeitlich koordiniert nach oben angehoben, so dass die Honwerkzeuge aus den Zylinderbohrungen gezogen werden. Dann wird der Horizontalschlitten in x-Richtung so verfahren, dass die beiden Honspindeln nun über den nächsten beiden zu bearbeitenden Zylinderbohrungen liegen, bevor diese bearbeitet werden. Zum Bearbeiten wird dann wieder der Hubschlitten abgesenkt, um das Werkstück in Vertikalrichtung spielfrei zu machen, bevor die Honwerkzeuge in die Zylinderbohrungen eingeführt werden. Nach Abschluss dieser Honoperation ist die Honbearbeitung an der ersten Honstation abgeschlossen. Das Werkstück wird durch Herauffahren der Gegenhaltereinrichtung mit integrierten Werkzeugmagazinen freigegeben und kann nun durch Anheben des Rundtischs von der Werkstück-Stützeinrichtung abgehoben werden.

[0072] Für den Weitertransport zur zweiten Honstation

160-2 wird der Hub-Rundtisch angehoben, um 90° im Uhrzeigersinn fortgeschaltet und dann wieder abgesenkt, so dass das Werkstück auf der Werkstück-Stützeinrichtung der zweiten Honstation 160-2 aufsitzt. Die Honoperation in der zweiten Honstation 160-2 erfolgt dann analog, ebenso der Weitertransport zur dritten Honstation 160-3 und die dortige Honbearbeitung. Nach Abschluss der Honbearbeitung an der dritten Honstation 160-3 wird das nun fertig bearbeitete Werkstück durch Anheben des Rundtischs und Weiterschalten um 90° zur Ladestation 140 zurücktransportiert, von wo es dann entnommen wird.

[0073] Die Honmaschine erlaubt somit an jeder Honstation die Parallelbearbeitung von zwei Zylinderbohrungen. Durch die Kombination von insgesamt sechs Honeinheiten an drei nacheinander anfahrbaren Honstationen ist eine Abfolge von Vorhonen, Zwischenhonen und Fertighonen in relativ kurzer Bearbeitungszeit möglich.

[0074] Soll ein Werkzeugwechsel durchgeführt werden, beispielsweise bei Verschleiß eines Honwerkzeugs oder beim Umrüsten auf einen anderen Werkstücktyp oder eine andere Honbearbeitung, so kann auf einfache Weise ein Werkzeugwechsel entweder automatisiert oder manuell durchgeführt werden. Hierzu können die mit den Honeinheiten mitfahrenden Werkzeugmagazine mit bis zu sechs wahlweise einwechselbaren Honwerkzeugen bestückt sein. Für einen Werkzeugwechsel wird zunächst das an die Antriebsstange gekoppelte, auszuwechselnde Honwerkzeug durch vertikales Verfahren der Honspindel so positioniert, dass das Honwerkzeug mittels der Werkzeug-Haltereinrichtung 365 ergriffen und festgehalten werden kann. Dann wird die Werkzeugentriegelung betätigt, und die Verbindung zwischen Antriebsstange und Honwerkzeug wird durch Drehen der Antriebsstange gegenüber dem Honwerkzeug gelöst. Anschließend wird durch Drehen des Werkzeugmagazins diejenige Werkzeugaufnahme, die das einzuwechselnde Honwerkzeug trägt, in die mit der Honspindel fluchtende Arbeitsposition gebracht. Die Ankopplung an die Antriebsstange erfolgt dann ebenfalls automatisch, wobei nach Abschluss der Ankopplung das Honwerkzeug durch die Werkzeug-Haltereinrichtung freigegeben wird und dann benutzt werden kann.

[0075] Es ist anzumerken, dass die Funktion des Werkzeugwechsels möglich ist, ohne das Werkzeugmagazin vertikal zu verfahren. Die Integration des Werkzeugmagazins und der Gegenhaltereinrichtung am vertikal verfahrbaren Hubschlitten führt aber dazu, dass ein Werkzeugmagazin mit relativ kleinem Durchmesser genutzt werden kann, so dass die Werkzeugwechselfunktion des 6-fach Wechslers mit kompakten Maßen in Lateralrichtung in die horizontal verfahrbare Baugruppe integriert werden kann.

[0076] Da die Werkzeugwechselfunktion in die horizontal verfahrbaren Baugruppen integriert ist, kann auf externe Werkzeugwechsler verzichtet werden. Dadurch müssen die Honeinheiten in Horizontalrichtung nur so weit verfahrbar sein, dass bei allen zu bearbeitenden

Werkstücktypen alle Bohrungen mit einer Honspindel bzw. einer Honeinheit erreicht werden können. Im gezeigten Ausführungsbeispiel betragen die erforderlichen Verfahrswege in Horizontalrichtung bei allen drei Honstationen weniger als 500 mm. Dadurch kann erreicht werden, dass trotz der Bereitstellung von jeweils zwei Honeinheiten an drei Seiten des Maschinenoberteils eine Honmaschine mit sehr kompakten Außenmaßen (typischerweise weniger als 3 m in x-Richtung und y-Richtung) realisiert werden kann.

Patentansprüche

1. Honmaschine (100) zur Durchführung von Honoperationen an mindestens einer Bohrung in einem Werkstück (W), insbesondere zur Honbearbeitung von Zylinderbohrungen in einem Zylinderkurbelgehäuse, mit:

einer Maschinenbasis (110);
 einer der Maschinenbasis zugeordneten Stützkonstruktion;
 einem von der Stützkonstruktion getragenen Maschinenoberteil (120), das mit Abstand oberhalb der Maschinenbasis angeordnet ist;
 einem Transportsystem (130) zum Transportieren von Werkstücken (W) auf einer Transportbahn (132);
 mehreren entlang der Transportbahn angeordneten Arbeitsstationen (140, 160-1, 160-2, 160-3), wobei ein Werkstück durch Fortbewegung des Transportsystems nacheinander an unterschiedliche Arbeitsstationen der Honmaschine transportierbar ist,
 wobei mindestens eine der Arbeitsstationen eine Honstation (160-1, 160-2, 160-3) ist,
 die Honstation mindestens einen Horizontalschlitten (190) aufweist, der von dem Maschinenoberteil (120) getragen wird und in einer Horizontalrichtung verfahrbar ist, und
 der Horizontalschlitten mindestens eine Honeinheit (180-1, 180-2, 180-3, 180-4, 180-5, 180-6) trägt, die eine Honspindel (184) aufweist, welche um eine vertikale Spindelachse (187) drehbar und parallel zur Spindelachse hin und her bewegbar ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Horizontalschlitten (190) einen Hubschlitten (310) trägt, der in einer Vertikalrichtung verfahrbar ist,
 wobei der Hubschlitten eine Gegenhaltereinrichtung (330) und ein Werkzeugmagazin (350) mit mehreren Werkzeugaufnahmen (360) zur Aufnahme jeweils eines Honwerkzeugs trägt.

2. Honmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkzeugmagazin (350) als

Rundmagazin ausgebildet ist.

3. Honmaschine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rundmagazin eine ringförmige Anordnung mit vier bis zwölf Werkzeugaufnahmen (360) aufweist, insbesondere mit sechs oder acht Werkzeugaufnahmen.
4. Honmaschine nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** einige oder alle Werkzeugaufnahmen (360) des Rundmagazins auf einem Teilkreis liegen, welcher durch die Verlängerung der Spindelachse (187) verläuft.
5. Honmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede der Werkzeugaufnahmen (360) eine vertikale Durchgangsöffnung (361) zum Hindurchführen eines Honwerkzeugs sowie eine Werkzeug-Haltevorrichtung (365) zum Halten eines Honwerkzeugs in der Durchgangsöffnung aufweist, wobei die Werkzeug-Haltevorrichtung zwischen einer Haltekonfiguration und einer Freigabekonfiguration umstellbar ist.
6. Honmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder der Werkzeugaufnahmen (360) an einem werkstückseitigen Ende mindestens ein Druckelement (385) zum Aufsetzen auf eine Oberseite des Werkstücks zugeordnet ist.
7. Honmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder der Werkzeugaufnahmen (360) mindestens eine der folgenden Einrichtungen zugeordnet ist:
- eine Zentrier Einrichtung zur Zentrierung des Honwerkzeugs für das Einführen in eine zu bearbeitende Bohrung;
 ein Spülring zur Unterstützung der Zufuhr von Kühlschmierstoff in die Bohrung;
 ein Referenzring (390) zum Referenzieren eines Bohrungsmesssystems des Honwerkzeugs.
8. Honmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Horizontalschlitten (190) an einer Seitenfläche des Maschinenoberteils angebracht ist.
9. Honmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Transportsystem als Umlauf-Transportsystem (130) zum Transportieren von Werkstücken (W) auf einer vorzugsweise in Umfangsrichtung geschlossenen umlaufenden Transportbahn (132) ausgebildet ist, wobei vorzugsweise die Stützkonstruktion eine Innensäule (150) aufweist und das Umlauf-Transportsystem (130) zum Transportieren von Werkstücken

(W) auf einer um die Innensäule herum verlaufenden Transportbahn (132) ausgebildet ist.

10. Honmaschine nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umlauf-Transportsystem einen Rundtisch (130) aufweist, der um eine vertikale Rundtischachse drehbar ist und mehrere Werkstückaufnahmen (135) aufweist, die mit radialem Abstand zur Rundtischachse in Umfangsrichtung zueinander versetzt derart angeordnet sind, dass ein in einer Werkstückaufnahme aufgenommenes Werkstück durch Drehung des Rundtischs nacheinander an unterschiedliche Arbeitsstationen (140, 160-1, 160-2, 160-3) der Honmaschine transportierbar ist.
11. Honmaschine nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rundtisch (530) mittels eines Hubantriebs vertikal zwischen einer unteren Position und einer oberen Position verfahrbar ist, so dass der Rundtisch als Hub-Rundtisch ausgelegt ist.
12. Honmaschine nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** an jeder der Arbeitsstationen eine ortsfeste Werkstück-Stützeinrichtung (170) zur Aufnahme eines Werkstücks in einer Bearbeitungsposition vorgesehen ist, wobei die Werkstück-Stützeinrichtung derart an den Bereich der Werkstückaufnahme des Rundtischs (130) angepasst ist, dass ein in einer Werkstückaufnahme des Rundtischs aufgenommenes Werkstück durch Absenken des Rundtischs in Richtung der unteren Position von der Werkstückaufnahme des Rundtischs an die Werkstück-Stützeinrichtung transferierbar und durch Anheben des Rundtischs in Richtung der oberen Position von der Bearbeitungsposition an der Werkstück-Stützeinrichtung in die Werkstückaufnahme des Rundtischs transferierbar ist.
13. Honmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Honmaschine (100) wenigstens drei Arbeitsstationen aufweist, die als Honstation (160-1, 160-2, 160-3) ausgebildet sind, wobei vorzugsweise die Honmaschine genau drei Honstationen (160-1, 160-2, 160-3) aufweist.
14. Honmaschine nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine erste Honstation (160-1) an einer ersten Seite, eine dritte Honstation (160-3) an einer der ersten Seite diametral gegenüber liegenden dritten Seite und eine zweite Honstation (160-2) an der Transportbahn zwischen der ersten und der dritten Honstation an einer zweiten Seite angeordnet ist.
15. Honmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens

eine Honstation (160-1, 160-2) zwei oder mehr Honeinheiten aufweist, die zeitgleich arbeiten können, wobei vorzugsweise genau drei Honstationen (160-1, 160-2) mit jeweils genau zwei Honeinheiten vorgesehen sind.

Claims

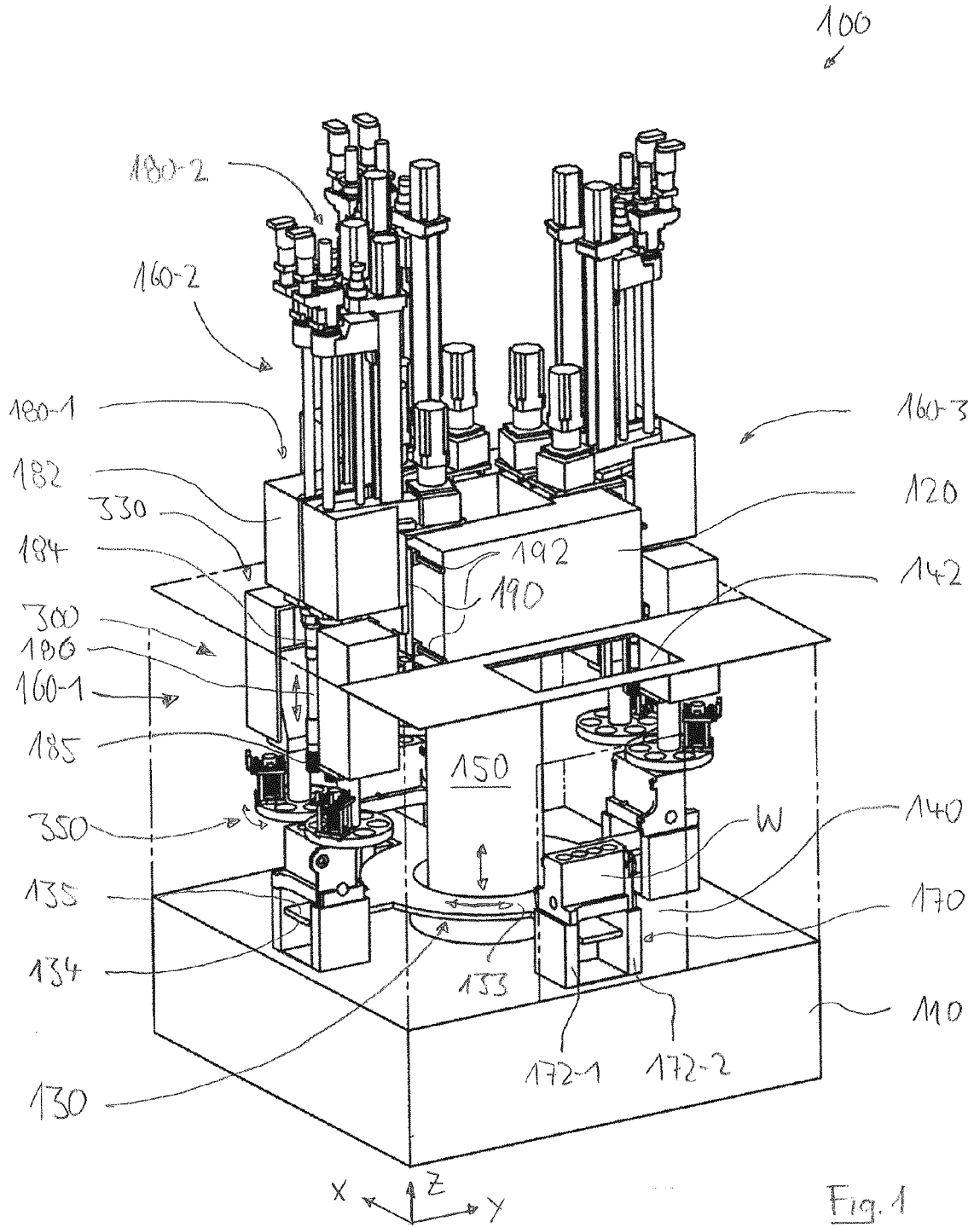
1. Honing machine (100) for carrying out honing operations on at least one borehole in a workpiece (W), in particular for honing processing of cylinder boreholes in a cylinder crank casing, having:
- a machine base (110);
 - a supporting construction assigned to the machine base;
 - a machine upper part (120) borne by the supporting construction, which machine upper part is arranged at a distance above the machine base;
 - a transport system (130) for transporting workpieces (W) on a transportation path (132);
 - a plurality of work stations (140, 160-1, 160-2, 160-3) arranged along the transportation path, wherein a workpiece is transportable successively to different work stations of the honing machine by locomotion of the transport system, wherein at least one of the work stations is a honing station (160-1, 160-2, 160-3), the honing station has at least one horizontal carriage (190) which is supported by the machine upper part (120) and displaceable in a horizontal direction, and
 - the horizontal carriage bears at least one honing unit (180-1, 180-2, 180-3, 180-4, 180-5, 180-6) which has a honing spindle (184) which can move about a vertical spindle axis (187) in rotation and back and forth in parallel to the spindle axis,
- characterized in that**
- the horizontal carriage (190) bears a lifting carriage (310) which is displaceable in a vertical direction,
 - wherein the lifting carriage bears a counter-support device (330) and a tool magazine (350) having multiple tool holders (360), each for receiving one honing tool.
2. Honing machine according to claim 1, **characterized in that** the tool magazine (350) is a rotary magazine.
3. Honing machine according to claim 2, **characterized in that** the rotary magazine has an annular arrangement with four to twelve tool holders (360), in particular with six or eight tool holders.

4. Honing machine according to claim 2 or 3, **characterized in that** some or all tool holders (360) of the rotary magazine are located on a pitch circle which extends across the prolongation of the spindle axis (187).
5. Honing machine according to any one of the preceding claims, **characterized in that** each of the tool holders (360) has a vertical through opening (361) for passing a honing tool through and a tool holder device (365) for holding a honing tool in the through opening, wherein the tool holder device is adaptable between a holding configuration and a release configuration.
6. Honing machine according to any one of the preceding claims, **characterized in that** each of the tool holders (360) has assigned to it, on a workpiece-side end, at least one pressure element (385) for placing onto an upper side of the workpiece.
7. Honing machine according to any one of the preceding claims, **characterized in that** each of the tool holders (360) has assigned to it at least one of the devices below:
- a centering device for centering the honing tool for insertion into a borehole to be processed;
 - a flushing ring for assisting of the supply of cooling lubricant into the borehole;
 - a reference ring (390) for referencing a borehole measuring system of the honing tool.
8. Honing machine according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the horizontal carriage (190) is attached to a lateral surface of the machine upper part.
9. Honing machine according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the transport system is a circulating transport system (130) for transporting workpieces (W) on a circulating transportation path (132) which is preferably closed in the peripheral direction, wherein preferably the supporting construction has an inner pillar (150) and the circulating transport system (130) for transporting workpieces (W) is disposed on a transportation path (132) extending around the inner pillar.
10. Honing machine according to claim 9, **characterized in that** the circulating transport system has a round table (130) which can rotate about a vertical round table axis and has a plurality of workpiece receptacles (135) which are arranged offset with respect to one another in a circumferential direction at a radial distance from the round table axis in such a way that a workpiece which is received in a workpiece receptacle can be transported successively to different work stations (140, 160-1, 160-2, 160-3) of the honing machine by rotating the round table.
11. Honing machine according to claim 10, **characterized in that** the round table (530) can be displaced vertically between a lower position and an upper position by means of a lifting drive such that the round table is configured as a lifting round table.
12. Honing machine according to any one of the claims 9 to 11, **characterized in that** on each workstation a stationary workpiece supporting device (170) for receiving a workpiece in a processing position is provided, wherein the workpiece supporting device is adapted to the region of the workpiece receptacle of the round table (130) such that a workpiece received in a workpiece receptacle of the round table is transferable from the workpiece receptacle of the round table to the workpiece supporting device by lowering the round table in the direction towards the lower position and is transferable from the processing position on the workpiece supporting device into the workpiece receptacle of the round table by raising the round table in the direction towards the upper position.
13. Honing machine according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the honing machine (100) has at least three work stations which are honing stations (160-1, 160-2, 160-3), wherein preferably the honing machine has exactly three honing stations (160-1, 160-2, 160-3).
14. Honing machine according to claim 13, **characterized in that** a first honing station (160-1) is disposed on a first side, a third honing station (160-3) is disposed on a third side diametrically opposed to the first side, and a second honing station (160-2) is disposed on a second side on the transportation path between the first and the third honing stations.
15. Honing machine according to any one of the preceding claims, **characterized in that** at least one honing station (160-1, 160-2) has two or more honing units which can operate simultaneously, wherein preferably exactly three honing stations (160-1, 160-2), each with exactly two honing units, are provided.
- Revendications**
1. Machine de pierrage (100) pour effectuer des opérations de pierrage sur au moins un alésage dans une pièce (W), en particulier pour l'usinage de pierrage d'alésages de cylindres dans un carter-moteur, comprenant :
- une base de machine (110) ;

- une construction de support associée à la base de machine ;
 une partie supérieure de machine (120) portée par la construction de support, qui est disposée à distance au-dessus de la base de machine ;
 un système de transport (130) pour le transport de pièces (W) sur une bande de transport (132) ;
 plusieurs postes de travail (140, 160-1, 160-2, 160-3) disposés le long de la bande de transport, une pièce pouvant être transportée par avancement du système de transport successivement à différents postes de travail de la machine de pierrage,
 au moins un des postes de travail étant un poste de pierrage (160-1, 160-2, 160-3),
 le poste de pierrage comprenant au moins un chariot horizontal (190), qui est porté par la partie supérieure de machine (120) et peut être déplacé dans une direction horizontale, et
 le chariot horizontal portant au moins une unité de pierrage (180-1, 180-2, 180-3, 180-4, 180-5, 180-6), qui comprend une broche de pierrage (184), qui peut être déplacée de manière à pouvoir tourner autour d'un axe de broche vertical (187) et d'avant en arrière parallèlement à l'axe de broche,
caractérisée en ce que
 le chariot horizontal (190) porte un chariot de levage (310), qui peut être déplacé dans une direction verticale,
 le chariot de levage portant un appareil de contre-appui (330) et un magasin d'outil (350) muni de plusieurs logements d'outil (360) pour recevoir respectivement un outil de pierrage.
2. Machine de pierrage selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le magasin d'outil (350) est configuré sous la forme d'un magasin rond.
 3. Machine de pierrage selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** le magasin rond comprend un agencement annulaire muni de quatre à douze logements d'outil (360), notamment muni de six ou huit logements d'outil.
 4. Machine de pierrage selon la revendication 2 ou 3, **caractérisée en ce que** certains des ou tous les logements d'outil (360) du magasin rond sont situés sur un cercle partiel, qui passe par le prolongement de l'axe de broche (187).
 5. Machine de pierrage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** chacun des logements d'outil (360) comprend une ouverture de passage verticale (361) pour le passage d'un outil de pierrage, ainsi qu'un dispositif de maintien d'outil (365) pour le maintien d'un outil de pierrage dans l'ouverture de passage, le dispositif
- de maintien d'outil étant convertible entre une configuration de maintien et une configuration de libération.
6. Machine de pierrage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**au moins un élément de pression (385) pour la pose sur un côté supérieur de la pièce est associé à chacun des logements d'outil (360) sur une extrémité du côté de la pièce.
 7. Machine de pierrage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**au moins un des appareils suivants est associé à chacun des logements d'outil (360) :
 un appareil de centrage pour le centrage de l'outil de pierrage pour l'introduction dans un alésage à usiner ;
 une bague de rinçage pour soutenir l'introduction de lubrifiant réfrigérant dans l'alésage ;
 une bague de référence (390) pour le référencement d'un système de mesure d'alésage de l'outil de pierrage.
 8. Machine de pierrage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le chariot horizontal (190) est monté sur une surface latérale de la partie supérieure de machine.
 9. Machine de pierrage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le système de transport est configuré sous la forme d'un système de transport à circulation (130) pour le transport de pièces (W) sur une bande de transport (132) en circulation, de préférence fermée dans la direction périphérique, la construction de support comprenant de préférence une colonne intérieure (150) et le système de transport à circulation (130) étant configuré pour le transport de pièces (W) sur une bande de transport (132) passant autour de la colonne intérieure.
 10. Machine de pierrage selon la revendication 9, **caractérisée en ce que** le système de transport à circulation comprend une table ronde (130), qui peut tourner autour d'un axe de table ronde vertical et présente plusieurs logements de pièce (135), qui sont disposés de manière décalée les uns par rapport aux autres dans la direction périphérique à distance radiale par rapport à l'axe de table ronde de telle sorte qu'une pièce reçue dans un logement de pièce puisse être transportée par rotation de la table ronde successivement à différents postes de travail (140, 160-1, 160-2, 160-3) de la machine de pierrage.
 11. Machine de pierrage selon la revendication 10, **ca-**

- ractérisée en ce que** la table ronde (530) peut être déplacée verticalement au moyen d'un entraînement de levage entre une position inférieure et une position supérieure, de telle sorte que la table ronde est conçue sous la forme d'une table ronde de levage. 5
12. Machine de pierrage selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, **caractérisée en ce qu'**un appareil de support de pièce fixe (170) pour recevoir une pièce dans une position d'usinage est prévu sur chacun des postes de travail, l'appareil de support de pièce étant adapté à la zone du logement de pièce de la table ronde (130) de telle sorte qu'une pièce reçue dans un logement de pièce de la table ronde puisse être transférée, par abaissement de la table ronde dans la direction de la position inférieure, du logement de pièce de la table ronde sur l'appareil de support de pièce et puisse être transférée, par levage de la table ronde dans la direction de la position supérieure, de la position d'usinage sur l'appareil de support de pièce dans le logement de pièce de la table ronde. 10
15
20
13. Machine de pierrage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la machine de pierrage (100) comprend au moins trois postes de travail, qui sont configurés sous la forme de poste de pierrage (160-1, 160-2, 160-3), la machine de pierrage comprenant de préférence exactement trois postes de pierrage (160-1, 160-2, 160-3). 25
30
14. Machine de pierrage selon la revendication 13, **caractérisée en ce qu'**un premier poste de pierrage (160-1) est disposé sur un premier côté, un troisième poste de pierrage (160-3) est disposé sur un troisième côté diamétralement opposé au premier côté, et un deuxième poste de pierrage (160-2) est disposé sur la bande de transport entre le premier et le troisième poste de pierrage sur un deuxième côté. 35
40
15. Machine de pierrage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**au moins un poste de pierrage (160-1, 160-2) comprend deux ou plus de deux unités de pierrage qui peuvent travailler simultanément, de préférence exactement trois postes de pierrage (160-1, 160-2) étant prévus à chaque fois avec exactement deux unités de pierrage. 45
50

55



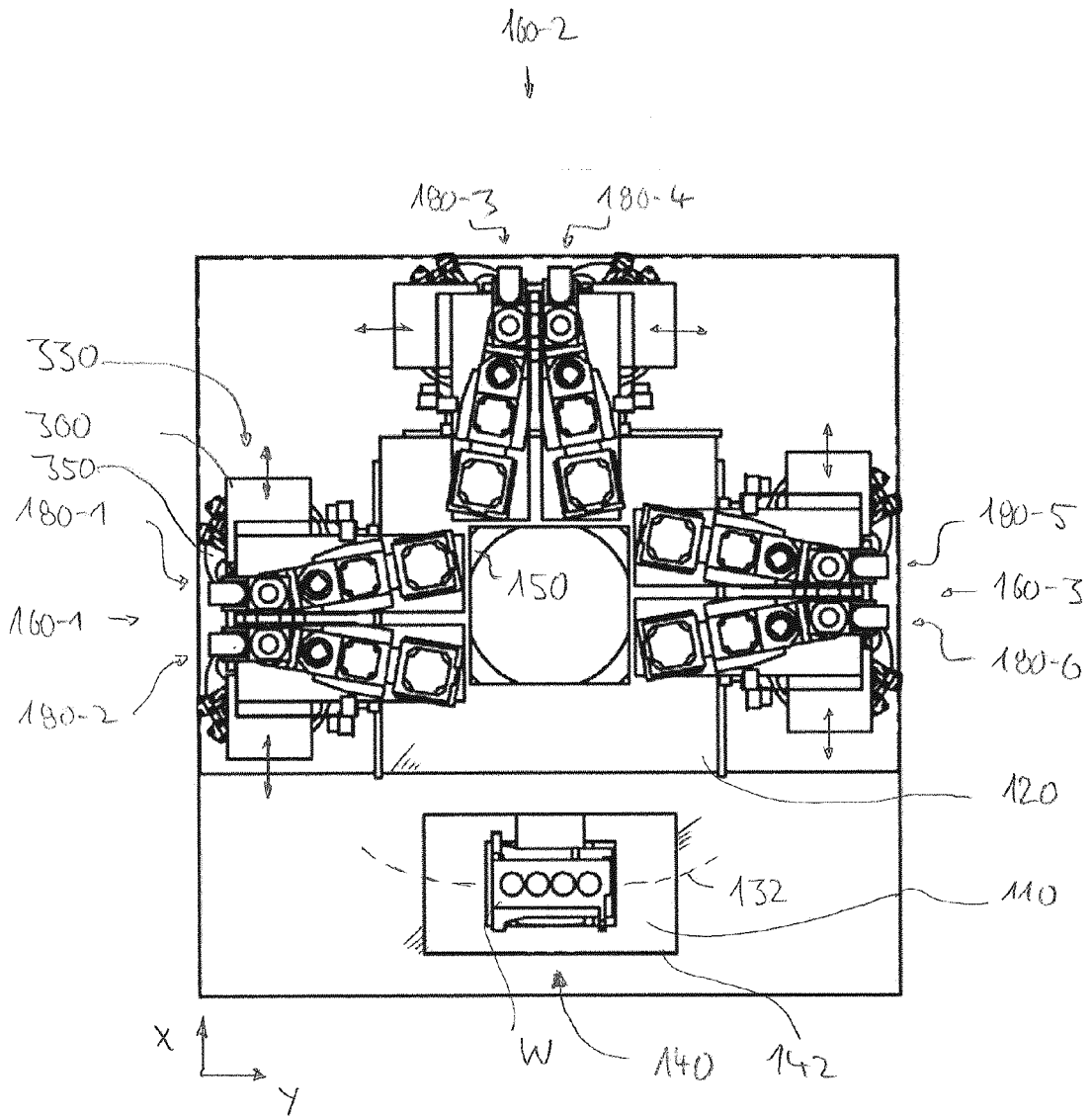


Fig. 2

Fig 3

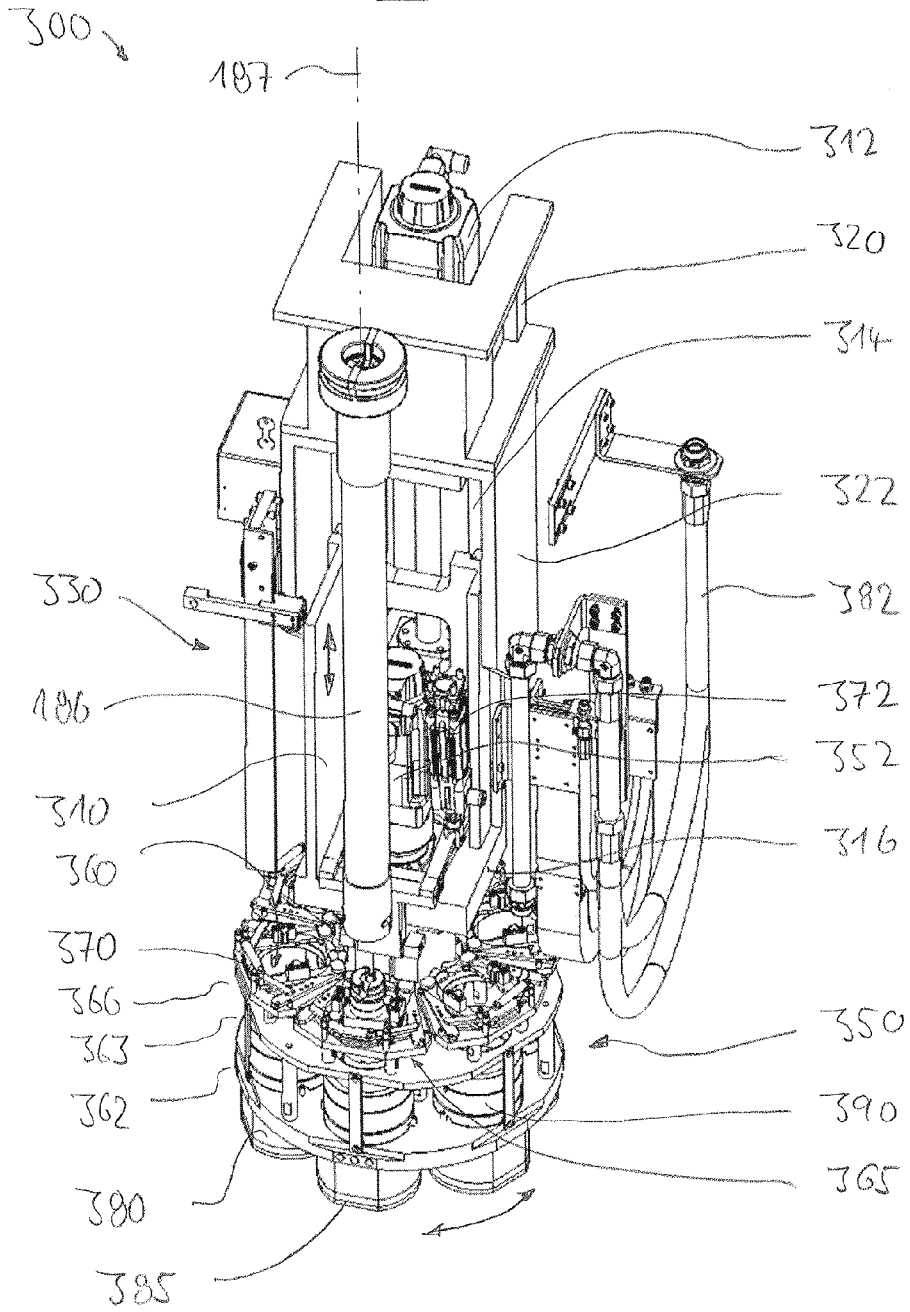
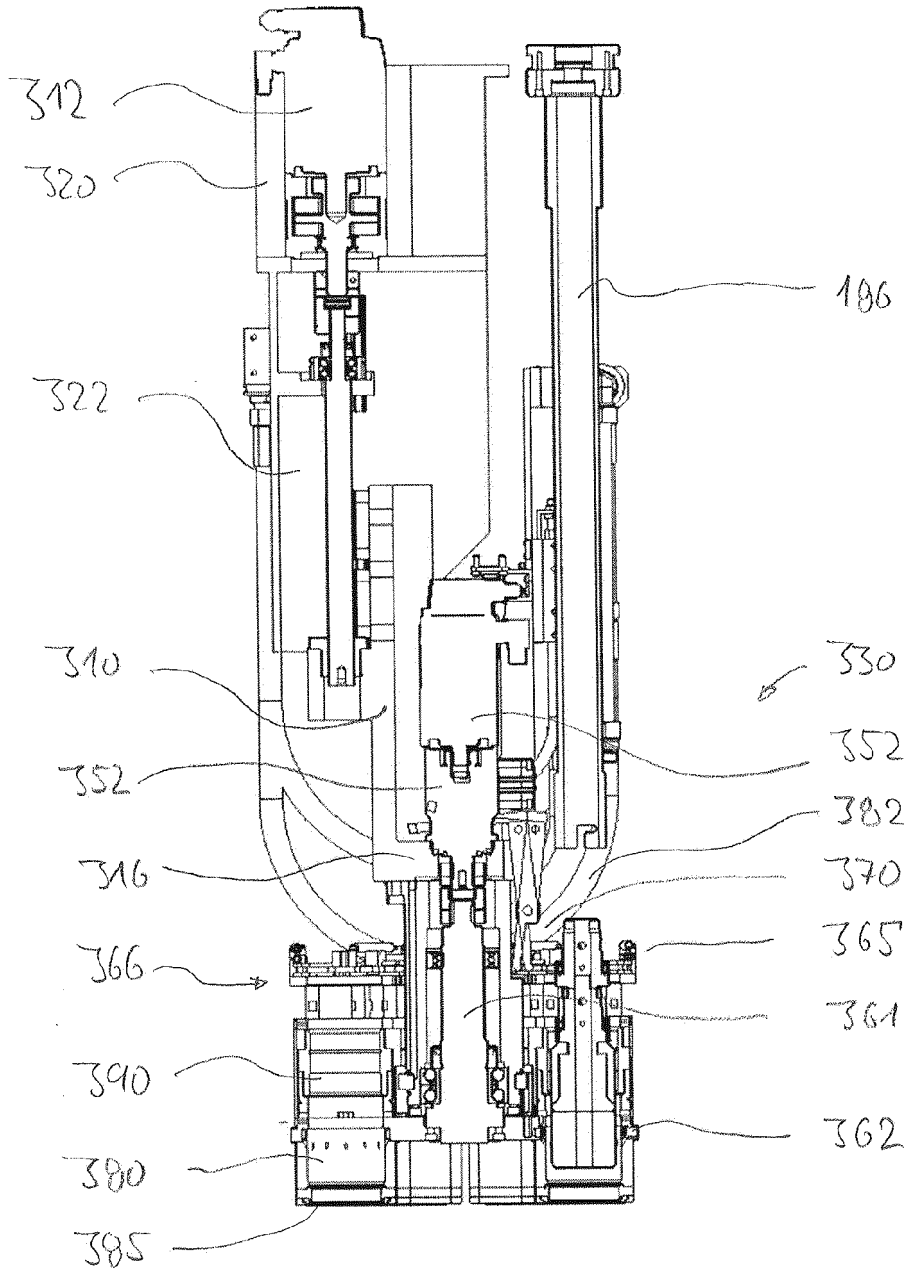


Fig. 4



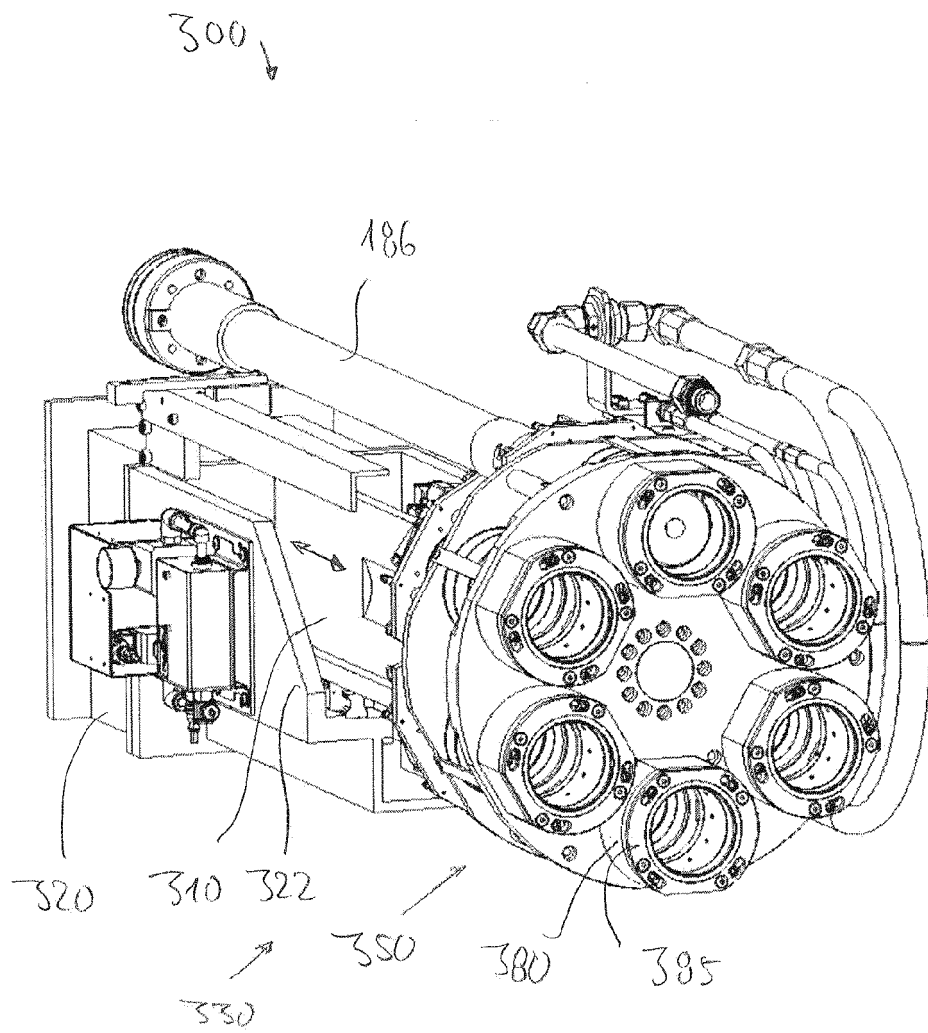


Fig. 5

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

- WO 2013117482 A1 [0005] [0024] [0031]
- DE 202016002857 U1 [0006] [0038]