(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 486 993 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
26.03.2014 Patentblatt 2014/13

(51) Int Cl.:
B21D 51/26 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **11001107.9**

(22) Anmeldetag: **11.02.2011**

(54) **Umformeinrichtung und Verfahren zum Betreiben einer Umformeinrichtung**

Reshaping device and method for operating same

Dispositif de déformation et procédé de fonctionnement d'un dispositif de déformation

(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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.08.2012 Patentblatt 2012/33

(73) Patentinhaber: **HINTERKOPF GmbH**
73054 Eislingen (DE)

(72) Erfinder:
- **Aichele, Helmut**
  73033 Göppingen (DE)
- **Brechling, Carsten**
  89073 Ulm (DE)
- **Sonntag, Michael**
  73117 Wangen (DE)

(74) Vertreter: **Kocher, Mark Werner**
Magenbauer & Kollegen
Patentanwälte
Plochinger Strasse 109
73730 Esslingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 123 373
EP-A2- 0 275 369
DE-A1- 1 777 297
US-A1- 2003 041 643

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).

EP 2 486 993 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Umformeinrichtung für becherförmige Hohlkörper mit einer Maschinensteuerung, einer Antriebseinrichtung, einem Werkstückrundtisch zur Aufnahme von Hohlkörpern und einem Werkzeugträger zur Aufnahme von Bearbeitungswerkzeugen, wobei sich Werkstückrundtisch und Werkzeugträger gegenüberliegen und um eine Drehachse zueinander verdrehbar sowie längs der Drehachse zueinander linearverstellbar sind und wobei die Antriebseinrichtung von der Maschinensteuerung ansteuerbar ausgebildet ist und zur Bereitstellung einer Drehschrittbewegung und einer zyklischen Linearbewegung zwischen Werkstückrundtisch und Werkzeugträger eingerichtet ist, um eine Umformung der Hohlkörper mittels der Bearbeitungswerkzeuge in mehreren aufeinanderfolgenden Bearbeitungsschritten zu ermöglichen, sowie mit einer Verstelleinrichtung, die zur Einstellung einer Hublänge der zyklischen Linearbewegung und/oder eines minimalen Abstands zwischen dem Werkzeugträgers und dem Werkstückrundtisch ausgebildet ist und wobei die Verstelleinrichtung derart ausgebildet ist, dass sie die Einstellung der Hublänge und/oder des minimalen Abstands zwischen dem Werkzeugträger und dem Werkstückrundtisch während der Durchführung der Linearbewegung ermöglicht. Ferner betrifft die Erfindung auch ein Verfahren zum Betreiben einer Umformeinrichtung.

[0002] Die DE 1 777 297 offenbart eine Vorrichtung zur Verarbeitung von zylindrischen Metallbehältern, bei der mehrere Werkstückhalter an einer drehbar gelagerten Tragscheibe angeordnet sind. Gegenüberliegend zur Tragscheibe ist ein linear beweglicher Werkzeughalter angeordnet, der mehrere Werkzeuge trägt, die zur Bearbeitung der an der Tragscheibe aufgenommenen Metallbehälter vorgesehen sind.

[0003] Aus der US 2003/0041643 A1 ist eine Hubverstelleinrichtung für eine Presse bekannt, bei der eine Verstellung eines Pressenhubs mit Hilfe eines Doppeltextcenters ermöglicht wird.

[0004] Aus der EP 0 275 369 A2 ist eine Umformmaschine bekannt, mit der becherförmige Hohlkörper aus Metall, insbesondere Aluminium, aus einem im Wesentlichen zylinderhülsenförmigen Ausgangszustand bereichsweise umgeformt, insbesondere lokal eingezogen, werden können, um beispielsweise im Bereich der Öffnung eine Verschlusskappe oder ein Sprühventil abdichtend aufsetzten zu können. Die bekannte Umformmaschine weist einen drehbar gelagerten Werkstückrundtisch sowie einen linearverschieblich gelagerten Werkzeugrundtisch auf. In dem Maschinengestell ist eine Antriebseinrichtung aufgenommen, die zur Erzeugung einer intermittierenden Drehbewegung des Werkstückrundtischs und zur Erzeugung einer oszillierenden Linearbewegung des Führungsrohrs und des damit verbundenen Werkzeugrundtischs ausgebildet ist. Durch die Linearbewegung können die am Werkzeugrundtisch vorgesehenen Werkzeuge, insbesondere Umformwerkzeuge, in Eingriff mit den am Werkstückrundtisch gehaltenen Hohlkörpern gebracht werden, um diese lokal zu bearbeiten, insbesondere plastisch zu deformieren. Durch die intermittierende Drehbewegung des Werkstückrundtischs können die Hohlkörper in serieller Reihenfolge in Kontakt mit den am Werkzeugträgertisch angebrachten Werkzeugen gebracht werden, um eine schrittweise Umformung der Hohlkörper von einer Ausgangsgeometrie hin zu einer zielgeometrie zu erreichen. Vor Durchführung der Bearbeitung werden die Hohlkörper mit Hilfe von am Werkstückrundtisch angebrachten Werkstückhaltern festgelegt und nach Durchführung der Bearbeitung wieder freigegeben.

[0005] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Umformeinrichtung sowie ein Verfahren zum Betreiben einer Umformeinrichtung bereitzustellen, mit denen eine verbesserte Bearbeitungsgenauigkeit bei der Umformung der Hohlkörper gewährleistet werden kann.

[0006] Diese Aufgabe wird für eine Umformeinrichtung der eingangs genannten Art mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Dabei ist vorgesehen, dass die Verstelleinrichtung eine Gewindespindel sowie eine erste und eine zweite zueinander beabstandet angeordnete Spindelmutter umfasst, die jeweils in ein Außengewinde der Gewindespindel eingreifen und wobei die Spindelmuttern in einem dem Werkzeugträger zugeordnetem Mitnehmer gelagert sind und wobei die beiden Spindelmuttern drehfest und linearverschieblich miteinander verbunden sind und wobei der zweiten Spindelmutter eine Linearstelleinrichtung und ein Stellmotor zugeordnet sind, wobei die zweite Spindelmutter vom Stellmotor durch Rotation längs der Gewindespindel verschiebbar und durch die Linearstelleinrichtung gegenüber der ersten Spindelmutter verspannbar ist.

[0007] Bei der Herstellung von Hohlkörpern, insbesondere von Aerosoldosen, werden stetig steigende Anforderungen an die Herstellungsgenauigkeit, die Taktzahlen für die intermittierende Drehbewegung und die zyklische Linearbewegung zwischen Werkzeugträger und Werkstückrundtisch und das Design gestellt.

[0008] Hierdurch ergibt sich verstärkt die Notwendigkeit zum Ausgleich von Toleranzen, die sich aufgrund von Elastizitätseigenschafen der Umformeinrichtung, insbesondere der bewegten Komponenten und dem Lagerspiel der zugeordneten Lagereinrichtungen, einstellen. Für eine zumindest teilweise Kompensation derartiger Toleranzen ist es vorteilhaft, wenn die Hublänge der zyklischen Linearbewegung zumindest im Bereich weniger Millimeter verändert werden kann und/oder der minimale Abstand zwischen dem Werkzeugträger und dem Werkstückrundtisch eingestellt werden kann, um eine optimale Bearbeitungsqualität für die umzuformenden Hohlkörper zu erreichen. Um die Hublänge und/oder den minimalen Abstand in effizienter Weise einstellen zu können, ist es vorteilhaft, wenn diese Einstellung im laufenden Betrieb der umformeinrichtung vorgenommen werden kann und kein Abstellen der Umformeinrichtung erfordert, da hierdurch zum einen unerwünschte Ausfall-

zeiten auftreten und zum anderen das Problem auftreten kann, dass beim Anhalten und wiederanfahren der Umformeinrichtung zumindest einige der zu bearbeitenden Hohlkörper als Ausschuss verworfen werden müssen. Zudem kann hierdurch eine Einstellung der Hublänge und/oder des minimalen Abstands in Abhängigkeit von einem momentanen Betriebszustand der Umformeinrichtung ermöglicht werden.

[0009] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0010] Zweckmäßig ist es, wenn die Maschinensteuerung derart für eine Ansteuerung der Verstelleinrichtung ausgebildet ist, dass eine Einstellung der Hublänge der zyklischen Linearbewegung in Abhängigkeit von wenigstens einem Zustandswert der Antriebseinrichtung erfolgt. Bei dem Zustandswert der Antriebseinrichtung kann es sich um einen von der Maschinensteuerung vorgegebenen Wert, beispielsweise um eine Drehzahl, eine Bewegungsgeschwindigkeit, eine Taktzahl oder Ähnliches handeln, die von der Maschinensteuerung durch eine entsprechende Ansteuerung der Antriebseinrichtung bewirkt wird. Hierdurch ist es beispielsweise möglich, bei einer von der Maschinensteuerung durchzuführenden Änderung der Taktzahl für die zyklische Linearbewegung und die intermittierende Drehschrittbewegung eine entsprechende Anpassung der Hublänge und/oder des minimalen Abstands vorzunehmen. Derartige Einstellungen können in Echtzeit während der Änderung des Betriebszustands, vorausschauend vor der Änderung des Betriebszustands oder auch im Nachgang nach der Änderung des Betriebszustands durchgeführt werden. Beispielsweise ist in der Maschinensteuerung eine Wertetabelle hinterlegt, anhand derer bei einer Änderung des Betriebszustands der Umformeinrichtung eine Stellwertvorgabe ermittelt werden kann, der von der Maschinensteuerung an die Verstelleinrichtung ausgegeben wird, um diese entsprechend der gewünschten Korrektur anzusteuern.

[0011] Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Maschinensteuerung wenigstens eine Sensoreinrichtung zur Ermittlung wenigstens eines Zustandswerts der Antriebseinrichtung zugeordnet ist. Anhand des von der Sensoreinrichtung ermittelten Zustandswerts kann die Maschinensteuerung eine Stellwertvorgabe errechnen, die als Steuerbefehl an die Verstelleinrichtung bereitgestellt wird. Hierdurch ist es möglich, die Hublänge und/oder den minimalen Abstand in einer geschlossenen Schleife zu regeln. Dabei bilden der wenigstens eine Zustandswert die Eingangsgröße und die von der Maschinensteuerung bereitgestellte Stellwertvorgabe die Ausgangsgröße der Regelschleife.

[0012] Vorteilhaft ist es, wenn die Sensoreinrichtung als Längensensor und/oder Abstandssensor und/oder Drehzahlsensor und/oder Beschleunigungssensor und/oder Deformationssensor und/oder Temperatursensor ausgebildet und mit der Maschinensteuerung gekoppelt ist. Mit Hilfe eines Längensensors kann beispielsweise die Länge einer Komponente der Antriebseinrichtung, insbesondere einer Pleuelstange eines Exzenterantriebs der Antriebseinrichtung, ermittelt werden. Aus der ermittelten Länge kann dann direkt oder nach Korrektur mit einem konstanten oder variablen Korrekturwert eine Stellwertvorgabe von der Maschinensteuerung ermittelt werden, die an die Verstelleinrichtung weitergegeben wird. Bei einer Ausbildung der Sensoreinrichtung als Abstandssensor wird vorzugsweise der Abstand zwischen dem Werkstückrundtisch und dem Werkzeugträger ermittelt, dies kann beispielsweise mit Hilfe eines optischen oder mechanischen Abstandssensors erreicht werden. Vorzugsweise findet eine Abstandsmessung im vorderen Umkehrpunkt, in dem ein minimaler Abstand zwischen Werkstückrundtisch und Werkzeugträger vorliegt, und/oder im hinteren Umkehrpunkt, in dem ein maximaler Abstand zwischen Werkstückrundtisch und Werkzeugträger vorliegt, statt. Die Sensoreinrichtung kann auch als Drehzahlsensor und/oder Beschleunigungssensor ausgebildet sein, mit deren Hilfe mittelbar die deformations- und lagerspielbeeinflusste Abweichung zwischen einer tatsächlichen Deformation des Hohlkörpers und einer vorgegebenen Deformation des Hohlkörpers ermittelt werden kann. Ergänzend oder alternativ kann die Sensoreinrichtung als Temperatursensor ausgebildet sein, um anhand der ermittelten Temperatur der Antriebseinrichtung Rückschlüsse auf die tatsächliche Hublänge und/oder den minimalen Abstand ziehen zu können.

[0013] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, die Sensoreinrichtung mit Hilfe einer Hochgeschwindigkeitskamera mit nachgeschalteter Bildverarbeitung zu unterstützen, wobei die Hochgeschwindigkeitskamera vorzugsweise an einer Bearbeitungsstation platziert wird, an der ein besonders kritischer Umformschritt durchgeführt wird, um anhand des von der Hochgeschwindigkeitskamera aufgenommenen Bildes des bearbeiteten Hohlkörpers unter Auswertung durch die Bildverarbeitungs-Software eine Analyse vorzunehmen, ob die Geometrie des umgeformten Hohlkörpers innerhalb oder außerhalb eines vorgebbaren Toleranzbandes liegt.

[0014] Bevorzugt ist in der Maschinensteuerung ein Steueralgorithmus hinterlegt, um eine Einstellung der Verstelleinrichtung in Abhängigkeit von wenigstens einem Zustandwert zu ermöglichen. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Steueralgorithmus um eine Berechnungsformel, anhand derer eine Stellwertvorgabe für die Verstelleinrichtung unter Einbeziehung wenigstens eines Zustandswerts, vorzugsweise unter Einbeziehung sämtlicher von der Sensoreinrichtung zur Verfügung gestellten Zustandswerte und gegebenenfalls der in der Maschinensteuerung abgelegten Abläufe, für den Betrieb der Umformeinrichtung ermittelt wird. Hierbei ist insbesondere vorgesehen, dass die Zustandswerte mit zeitlich und/oder zustandsabhängig veränderbaren Gewichtungen in den Steueralgorithmus einflie-βen, um eine besonders vorteilhafte Berechnung der Stellwertvorgabe zu ermöglichen und damit eine möglichst exakte Positi-

onierung des Werkzeugträgers gegenüber dem Werkstückrundtisch zu gewährleisten.

[0015] Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Verstelleinrichtung für eine lineare Verstellbewegung des Werkzeugträgers relativ zur Antriebseinrichtung ausgebildet ist. Hierbei wird davon ausgegangen, dass ein Nullpunkt eines räumlichen Koordinatensystem an einer Komponente der Antriebseinrichtung, beispielsweise auf einer Mittelachse einer Antriebswelle, angeordnet ist und die Positionen des Werkstückrundtischs und des Werkzeugträgers ausgehend von diesem Nullpunkt bestimmt werden. Bei einer ersten Variante der Umformeinrichtung ist die Verstelleinrichtung derart ausgebildet, dass sie die relative Position des Werkzeugträgers gegenüber diesem Nullpunkt des Koordinatensystems verändert. Dies kann beispielsweise mit Hilfe einer motorisch angetriebenen, drehbar gelagerten Gewindespindel und einer zugehörigen Schlossmutter erreicht werden, wobei die lineare Verstellbewegung durch Verdrehen der Schlossmutter relativ zur Gewindespindel hervorgerufen werden kann. Bei einer zweiten Variante der Umformeinrichtung ist vorgesehen, dass die Position des Werkstückrundtischs relativ zum Koordinatensystem der Antriebseinrichtung verstellt wird. Bei einer dritten Variante der Umformeinrichtung sind lineare Verstellbewegungen gegenüber dem Nullpunkt sowohl für den Werkzeugträger als auch für den Werkstückrundtisch vorgesehen.

[0016] Gemäß einem zweiten Aspekt wird die Aufgabe der Erfindung durch ein Verfahren zum Betreiben einer Umformeinrichtung für becherförmige Hohlkörper gelöst, bei dem die Umformeinrichtung eine Maschinensteuerung, eine Antriebseinrichtung, einen Werkstückrundtisch zur Aufnahme von Hohlkörpern und einen Werkzeugträger zur Aufnahme von Bearbeitungswerkzeugen umfasst, wobei sich Werkstückrundtisch und Werkzeugträger gegenüberliegen und um eine Drehachse zueinander verdrehbar sowie längs der Drehachse zueinander linear verstellbar sind und wobei die Antriebseinrichtung von der Maschinensteuerung ansteuerbar ausgebildet ist und zur Bereitstellung einer Drehschrittbewegung und einer zyklischen Linearbewegung zwischen Werkstückrundtisch und Werkzeugträger ausgebildet ist, um eine Umformung der Hohlkörper mittels der Bearbeitungswerkzeuge in mehreren aufeinanderfolgenden Bearbeitungsschritten zu ermöglichen, sowie mit einer Verstelleinrichtung, die zur Einstellung einer Hublänge der zyklischen Linearbewegung und/oder eines minimalen Abstands zwischen dem Werkzeugträger und dem Werkstückrundtisch ausgebildet ist. Ferner ist bei diesem Verfahren vorgesehen, dass eine Einstellung der Hublänge und/oder des minimalen Abstands zwischen dem Werkzeugträger und dem Werkstückrundtisch mittels der Verstelleinrichtung während der Durchführung der Linearbewegung vorgenommen wird wobei die Verstelleinrichtung eine Gewindespindel sowie eine erste und eine zweite zueinander beabstandet angeordnete Spindelmutter umfasst, die jeweils in ein Außengewinde der Gewindespindel eingreifen und wobei die Spindelmuttern in einem dem Werkzeugträger zugeordneten Mitnehmer gelagert sind und wobei die beiden spindelmuttern drehfest und linearverschieblich miteinander verbunden sind und wobei der zweiten Spindelmutter eine Linearstelleinrichtung und ein Stellmotor zugeordnet sind, wobei die zweite Spindelmutter vom Stellmotor durch Rotation längs der Gewindespindel verschiebbar und durch die Linearstelleinrichtung gegenüber einer ersten Spindelmutter verspannbar ist und dass nach der Einstellung der Hublänge und/oder des minimalen Abstands zwischen dem Werkzeugträger und dem Werkstückrundtisch mittels des Stellmotors eine Verspannung der zweiten spindelmutter gegenüber der ersten Spindelmutter mittels der Linearstelleinrichtung erfolgt, um eine spielfreie Kraftübertragung zwischen der Gewindespindel und dem Mitnehmer zu ermöglichen. Hierdurch kann die Umformeinrichtung im laufenden Betrieb bei Durchführung von Umformvorgängen derart an wechselnde Randbedingungen angepasst werden, dass stets ein möglichst optimales Umformergebnis erzielt wird. Zweckmäßig ist es, wenn die Einstellung der Hublänge und/oder des minimalen Abstands zwischen dem Werkzeugträger und dem Werkstückrundtisch mittels der Verstelleinrichtung in einem vorgebbaren Zeitintervall innerhalb eines Zyklus der Linearbewegung vorgenommen wird. Das Zeitintervall umfasst somit einen Bruchteil der Zyklusdauer der Linearbewegung, die sich ausgehend von einer Nullposition bei maximalem Abstand zwischen Werkzeugträger und Werkstückrundtisch durch die Annäherung zwischen Werkzeugträger und Werkstückrundtisch und die darauffolgende Entfernung des Werkzeugträgers vom Werkstückrundtisch bis hin zur Nullposition bemisst. Besonders vorteilhaft ist es, wenn das vorgebbare Zeitintervall derart gewählt wird, dass eine Ansteuerung der Verstelleinrichtung dann vorgenommen wird, wenn nur geringe Kräfte zwischen dem Werkzeugträger und dem Werkstückrundtisch wirken, dies ist insbesondere für diejenigen Zeitabschnitte der Fall, in denen kein Eingriff der am Werkzeugträger aufgenommenen Deformationswerkzeuge in die am Werkstückrundtisch aufgenommenen Hohlkörper stattfindet. Vorzugsweise beträgt das vorgebbare Zeitintervall für die Einstellung der Hublänge und/oder des minimalen Abstands einen Bruchteil der Zykluslänge der Linearbewegung, der kleiner als 50 Prozent, insbesondere kleiner als 30 Prozent ist.

[0017] Zweckmäßig ist es, wenn das Zeitintervall derart ausgewählt wird, dass eine Intervallgrenze nahe an einem Umkehrzeitpunkt der Linearbewegung liegt, zu dem ein Abstand zwischen dem Werkzeugträger und dem Werkstückrundtisch maximal ist. Das heißt, dass die Einstellung der Hublänge und/oder des minimalen Abstands zu einem Zeitpunkt beginnt oder endet, der zumindest nahezu identisch mit dem Umkehrzeitpunkt für die Linearbewegung zwischen dem Werkzeugträger und dem Werkstückrundtisch ist. Hierdurch wird gewährleistet, dass die Verstellbewegung zumindest überwie-

gend, vorzugsweise vollständig innerhalb eines zeitlichen Intervalls stattfindet, während dem keine Umformung der Hohlkörper vorgenommen wird, so dass derjenige zeitliche Bereich ausgespart wird, während dem besonders hohe Kräfte zwischen Werkzeugträger und Werkstückrundtisch über die Antriebseinrichtung übertragen werden müssen.

[0018] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Zeitintervall während einer Entfernungsbewegung zwischen Werkzeugträger und Werkstückrundtisch beginnt und während einer Annäherungsbewegung zwischen Werkzeugträger und Werkstückrundtisch endet. Somit umfasst das Zeitintervall den hinteren Umkehrpunkt, also einen Zeitpunkt, zu dem ein Abstand zwischen Werkzeugträger und Werkstückrundtisch maximal ist, so dass die Einstellung der Hublänge und/oder des minimalen Abstands zwischen dem Werkstückträger und dem Werkstückrundtisch zumindest überwiegend, vorzugsweise vollständig außerhalb desjenigen Zeitintervalls vorgenommen werden kann, während dem ein Eingriff der am Werkzeugträger aufgenommenen Deformationswerkzeuge in die am Werkstückrundtisch aufgenommenen Hohlkörper stattfindet.

[0019] Besonders bevorzugt wird mit Hilfe der Maschinensteuerung das Zeitintervall für die Einstellung der Verstelleinrichtung derart ausgewählt, dass die Verstelleinrichtung mit möglichst geringer Last betrieben werden kann. Beispielsweise kann bei einer als Spindeltrieb ausgebildeten Verstelleinrichtung vorgesehen werden, das Zeitintervall jeweils so an die vorgesehene Verstellbewegung anzupassen, dass die Wirkung der Spindelsteigung während der Abbremsbewegung nahe dem hinteren Umkehrzeitpunkt und der danach folgenden Beschleunigungsbewegung in Richtung des vorderen Umkehrzeitpunkts vorteilhaft ausgenutzt wird. Durch diese Adaption des Zeitintervalls im Sinne eines um den hinteren Umkehrzeitpunkt verschiebbaren Zeitfensters kann die Auslegung der Verstelleinrichtung besonders kostengünstig erfolgen.

[0020] Vorteilhaft ist es, wenn in der Maschinensteuerung wenigstens ein Zustandswert der Antriebseinrichtung verarbeitet wird, der von einer Sensoreinrichtung bereitgestellt wird, um eine Stellwertvorgabe für die Verstelleinrichtung zu ermitteln und die Verstelleinrichtung dementsprechend anzusteuern. Mit Hilfe des Zustandswerts, der von der Sensoreinrichtung ermittelt wird, kann die Maschinensteuerung eine Regelung der Verstelleinrichtung vornehmen, wobei der wenigstens eine Zustandswert als Eingangsgröße für den Regelalgorithmus genutzt wird und die Stellwertvorgabe für die Verstelleinrichtung die Ausgangsgröße des Regelalgorithmus bildet.

[0021] Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass in der Maschinensteuerung eine Verknüpfung zwischen dem gemessenen Zustandswert der Antriebseinrichtung und einem Vorgabewert für einen angestrebten Zustandswert der Antriebseinrichtung vorgenommen wird, um eine Stellwertvorgabe für die Verstelleinrichtung zu ermitteln und die Verstelleinrichtung dementsprechend anzusteuern. Diese Vorgehensweise ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die Umformeinrichtung ausgehend von einem gegebenen Betriebszustand in einen anderen Betriebszustand überführt werden soll, beispielsweise durch Verlängerung oder Verkürzung der Zyklusdauer für die zyklische Linearbewegung. Bei derartigen Änderungen des Betriebszustands kann die Maschinensteuerung basierend auf den gemessenen Zustandswerten der Antriebseinrichtung und in Kenntnis der geplanten zeitlichen Änderung des Betriebszustands eine prospektive Verstellung der Verstelleinrichtung vornehmen und hierzu eine entsprechende Stellwertvorgabe berechnen.

[0022] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass in der Maschinensteuerung eine Überwachung einer Beladung des Werkzeugträgers mit Werkzeugen und/oder des Werkstückrundtischs mit Werkstücken zur Ermittlung einer Stellwertvorgabe für die Verstelleinrichtung erfolgt. Die am Werkzeugträger anzubringenden Deformationswerkzeuge verändern die Masse des Werkzeugträgers in erheblichem Maß, so dass eine Berücksichtigung dieser Beladung des Werkzeugträgers durch die Maschinensteuerung zu einer verbesserten Qualität der Umformung der Hohlkörper führt. In gleicher Weise gilt dies für die Beladung des Werkstückrundtischs mit Werkstücken, da diese einen erheblichen Einfluss auf die auftretenden Umformkräfte haben, die zwischen dem Werkzeugträger und dem Werkstückrundtisch über die Antriebseinrichtung zu übertragen sind.

[0023] Besonders bevorzugt werden sowohl die Beladung des Werkzeugträgers mit Werkzeugen als auch die Beladung des Werkstückrundtischs mit Werkstücken von der Maschinensteuerung ermittelt und bei der Berechnung der Sollwertvorgabe für die Verstelleinrichtung berücksichtigt. Sofern zusätzlich auch wenigstens ein Zustandswert berücksichtigt wird, kann eine besonders exakte Umformung der Hohlkörper erzielt werden. Hierzu kann vorgesehen werden, dass die Maschinensteuerung eine Regelung der Hublänge der zyklischen Linearbewegung und/oder des minimalen Abstands zwischen dem Werkzeugträger und dem Werkstückrundtisch anhand von Zustandswerten und wenigstens einem von der Beladung des Werkzeugträgers mit Werkzeugen und/oder der Beladung des Werkstückrundtischs mit Werkstücken abhängigen Kennwert vornimmt.

[0024] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt. Hierbei zeigt:

Figur 1 eine schematische seitliche Schnittdarstellung einer Umformeinrichtung und

Figur 2 eine schematische Blockschaltbilddarstellung von Funktionskomponenten einer Umformeinrichtung.

[0025] Eine in der Figur 1 dargestellte Umformeinrichtung 1, die insbesondere zur Umformung von becherförmigen Hohlkörpern einsetzbar ist, umfasst ein Maschinengestell 2, an dem ein Werkstückrundtisch 3 und ein Werkzeugträger 4 angeordnet sind. Bei der dargestellten Ausführungsform der Umformeinrichtung 1 ist der Werkstückrundtisch 3 drehbar am Maschinengestell 2 angebracht, während der Werkzeugträger 4 exemplarisch linearbeweglich am Maschinengestell 2 aufgenommen ist. Der Werkstückrundtisch 3 ist somit gegenüber dem Maschinengestell 2 und dem Werkzeugträger 4 um eine Drehachse 5 drehbar gelagert. Der Werkzeugträger 4 kann linear längs der Drehachse 5 gegenüber dem Maschinengestell 2 und dem Werkstückrundtisch 3 verschoben werden.

[0026] Die Umformeinrichtung 1 umfasst weiterhin eine Antriebseinrichtung 6, die zur Bereitstellung einer intermittierenden Rotationsbewegung oder Drehschrittbewegung sowie zur Bereitstellung einer zyklisch oszillierenden Linearbewegung ausgebildet ist. Vorliegend ist die Antriebseinrichtung 6 zur Bereitstellung der Drehschrittbewegung an den Werkstückrundtisch 3 und zur Bereitstellung der zyklisch oszillierenden Linearbewegung an den Werkzeugträger 4 ausgebildet.

[0027] Die Antriebseinrichtung 6 umfasst unter anderem eine Doppelexzenteranordnung 8. Die Doppelexzenteranordnung 8, die einen auch als Exzenterwelle bezeichneten inneren Exzenter 9 und einen auch als Exzenterbuchse bezeichneten äußeren Exzenter 10 umfasst, dient als hinsichtlich des Kurbelhubs einstellbarer Kurbeltrieb zur Bereitstellung einer kreisförmigen Umlaufbewegung für ein nicht näher bezeichnetes Pleuelauge einer Pleuelstange 7.

[0028] Die zum Antrieb der Pleuelstange 7 notwendigen Kräfte werden beispielsweise von einem als Elektromotor ausgeführten Antriebsmotor 11 bereitgestellt, der über einen, exemplarisch als Keilrippenriemen ausgebildeten, Riementrieb 12 mit einem Schwungrad 13 gekoppelt ist. Das Schwungrad 13 ist über eine im Betrieb der Umformeinrichtung 1 kuppelbare Schwungradkupplung 14 in kraftübertragende Verbindung mit einem Antriebsritzel 15 bringbar. Das Antriebsritzel 15 steht in Eingriff mit einem Hauptzahnrad 16, das an zwei Tragwangen 17 drehbar gelagert aufgenommen ist, von denen aufgrund der Schnittdarstellung der Figur 1 nur eine sichtbar ist. An dem Hauptzahnrad 16 sind in spiegelbildlicher Anordnung zwei, vorzugsweise jeweils einstückig angeformte, exemplarisch zylindrisch ausgebildete Lagerzapfen 18 angebracht, die konzentrisch zum Hauptzahnrad 16 angeordnet sind und die in nicht dargestellter Weise in eine der Tragwange 17 jeweils zugehörige Lagerung eingreifen und die der Drehlagerung des Hauptzahnrads 16 dienen. Zudem ist an dem Hauptzahnrad 16 der innere Exzenter 9 ortsfest angebracht, während der äußere Exzenter 10 am Hauptzahnrad 16 verstellbar gelagert ist, um den Kurbelhub der Doppelexzenteranordnung 8 für die Pleuelstange 7 einstellen zu können.

[0029] Für die Einstellung des maximalen Hubs kann der äußere Exzenter 10 mittels einer nicht näher dargestellten Kupplung vom inneren Exzenter 9 entkoppelt werden und zur Hubeinstellung mittels einer ebenfalls nicht dargestellten Antriebseinrichtung um eine normal zur Darstellungsebene verlaufende Schwenkachse, vorzugsweise stufenlos, relativ zum inneren Exzenter 8 verdreht werden. Anschließend wird die Kupplung wieder geschlossen, so dass die beiden Exzenter 9 und 10 wieder kraftübertragend miteinander gekoppelt sind.

[0030] An dem Hauptzahnrad 16 befindet sich auch ein Abtriebszahnrad 19 in permanentem Eingriff, das über eine im Betrieb der Umformeinrichtung 1 schaltbare Schrittschaltgetriebekupplung 21 mit einem Schrittschaltgetriebe 20 in kraftübertragende Verbindung gebracht werden kann. Das Schrittschaltgetriebe 20 setzt die kontinuierliche Drehbewegung des Abtriebszahnrads 19 in eine diskontinuierliche, intermittierende Drehschrittbewegung um, die über eine Schrittschaltwelle 22 und ein Schrittschaltritzel 23 auf den Werkstückrundtisch 3 übertragen wird. Exemplarisch ist am Werkstückrundtisch 3 eine Innenverzahnung 24 ausgebildet, in die das Schrittschaltritzel 23 eingreift, um die Drehschrittbewegung des Schrittschaltgetriebes 20 auf den Werkstückrundtisch 3 zu übertragen, der dann die Drehschrittbewegung um die Drehachse 5 vollzieht. Alternativ kann anstelle des Schrittschaltgetriebes 20 ein Servoantrieb eingesetzt werden, der eine elektrisch gesteuerte Drehschrittbewegung ermöglicht.

[0031] Beispielhaft ist der Werkstückrundtisch 3 mittels einer Drehlagerung 25 drehbar an einer Stützplatte 26 gelagert. Die Stützplatte 26 ist Teil einer ersten Maschinengestellpartie, die auch einen Stützrahmen 31 umfasst. Der Stützrahmen 31 hat insbesondere die Aufgabe, die Drehmomente, die durch die Gewichtskräfte der an der Stützplatte 26 angebrachten, nachstehend näher beschriebenen Baugruppen auf die Stützplatte 26 einwirken, in eine Grundplatte 32 abzuleiten.

[0032] Die Drehlagerung 25 umfasst beispielsweise einen an der Stützplatte 26 angebrachten, vorzugsweise kreisringförmigen Lagerring 28, der an einer umlaufenden Außenoberfläche eine Auflagefläche für eine Vielzahl von schematisch dargestellten Wälzkörpern 29 aufweist. Die Wälzkörper 29 sind zwischen dem Lagerring 28 und einer dem Lagerring 28 gegenüberliegenden, am Werkstückrundtisch 3 exemplarisch als umlaufender Bund 63 ausgebildeten Lagerfläche 30 angeordnet und werden von einem nicht näher dargestellten Käfig in Position gehalten. Sie bilden zusammen mit dem Lagerring 28 und umlaufenden Bund 63 ein Radiallager, das eine reibungsarme und insbesondere bezüglich der Drehachse 5 und dem Werkzeugträger 4 hochpräzise Drehbewegung des Werkstückrundtischs 3 gewährleistet. Eine Abstützung von Bearbeitungskräften, die in Richtung der Drehachse 5 auf den Werkstückrundtisch 3 einwirken, erfolgt beispielsweise durch einen kreisringförmigen Gleitlagerring 62, der flächig an der Oberfläche des Werkstückrundtischs 3 anliegt. Vorzugsweise werden

der Gleitlagerring 62 und die gegenüberliegend angeordnete Oberfläche des Werkstückrundtischs 3 von einem nicht näher dargestellten Schmierungskreislauf mit einer intermittierenden oder kontinuierlichen Schmierstoffversorgung mit Schmierstoff versorgt.

[0033] An einer der Antriebseinrichtung 6 entgegengesetzten Oberfläche der Stützplatte 26 und beabstandet zur Drehlagerung 25 ist ein Tragrohr 33 angebracht, das exemplarisch zur Abstützung und linearen Lagerung des Werkzeugträgers 4 dient. Das Tragrohr 33 weist in einer nicht dargestellten, normal zur Drehachse 5 ausgerichteten Querschnittsebene einen exemplarisch kreisringförmigen Querschnitt auf. Eine zylindrische Innenoberfläche 35 des Tragrohrs 33 dient als Gleitlagerfläche für einen Koppelschlitten 34, der mit der Pleuelstange 7 gekoppelt ist und zur Umsetzung der kombinierten Dreh- und Linearbewegung der Pleuelstange 7 in eine Linearbewegung dient.

[0034] Der Koppelschlitten 34 umfasst exemplarisch einen rohrförmig ausgebildeten Grundkörper 37, an dem ein Lagerbolzen 38 zur schwenkbeweglichen Lagerung der Pleuelstange 7 angebracht ist. An dem Grundkörper 37 sind radial außenliegend mehrere, vorzugsweise ringförmige, Gleitstücke 39, beispielsweise aus Gleitlagerbronze, angeordnet, die für eine Gleitbewegung auf der Innenoberfläche 35 des, exemplarisch aus Metall hergestellten, Tragrohrs 33 ausgebildet sind.

[0035] An einer Außenoberfläche 36 des Tragrohrs 33 sind mehrere parallel zur Drehachse 5 erstreckte Lagerschienen 40 angebracht, die als Linearführungselemente für den Werkzeugträger 4 dienen. Vorzugsweise sind die Lagerschienen 40 in gleicher Winkelteilung um die Drehachse 5 angeordnet, beispielsweise in einer 120-Grad-Teilung oder einer 90-Grad-Teilung.

[0036] Für die lineare Führung des Werkzeugträgers 40 sind zudem an einer radial innenliegenden Innenoberfläche 41 des Werkzeugträgers 4 korrespondierend zu den Lagerschienen 40 auch als Kugelrollschuhe bezeichnete Linearführungen 42 angebracht, die die Lagerschienen 40 jeweils U-förmig umgreifen. Die Linearführungen 42 können beispielsweise als Kugelumlaufführungen ausgebildet sein, bei denen eine Vielzahl von zylindrischen oder sphärischen Wälzkörpern in einer Führungsbahn aufgenommen sind und eine lineare Relativbewegung gegenüber der jeweiligen Lagerschiene 40 ermöglichen. Vorzugsweise sind die Linearführungen 42 durch nicht näher dargestellte Spannmittel in radialer Richtung und/oder in Umfangsrichtung des Tragrohrs 33 gegeneinander verspannt, wodurch eine spielarme, insbesondere spielfreie, Linearlagerung des Werkzeugträgers 4 gegenüber dem Tragrohr 33 erzielt wird. Aufgrund der Linearführungen 42 ist der Werkzeugträger 4 drehfest am Tragrohr 33 aufgenommen.

[0037] An dem Grundkörper 37 des Koppelschlittens 34 ist an der der Pleuelstange 7 abgewandten Stirnseite eine Abschlussplatte 43 angebracht, die eine Gewindespindel 44 trägt. Die Gewindespindel 44 erstreckt sich beispielsweise parallel, insbesondere konzentrisch, zur Drehachse 5. Zwei längs der Drehachse 5 zueinander beabstandet angeordnete Spindelmuttern 45, 46 greifen in das nicht näher dargestellte Außengewinde der Gewindespindel 44 ein. Die beiden Spindelmuttern 45, 46 sind drehfest und linearverschieblich miteinander verbunden. Der zweiten Spindelmutter 46 ist eine, vorzugsweise hydraulisch ansteuerbare, Linearstelleinrichtung 48 und ein Stellmotor 49 zugeordnet.

[0038] Die Aufgabe des Stellmotors 49, der vorzugsweise als Torquemotor ausgebildet ist und einen mit der zweiten Spindelmutter 46 gekoppelten, drehbeweglich gelagerten Rotor 50 sowie einen Stator 51 umfasst, der in einem Mitnehmer 52 drehfest aufgenommen ist, besteht darin, die beiden Spindelmuttern 45, 46 durch Rotation längs der Gewindespindel 44 zu verschieben und dadurch eine Verstellung einer Ausgangsposition des Werkzeugträgers 4 längs der Gewindespindel 44 zu ermöglichen.

[0039] Die Aufgabe der Linearstelleinrichtung 48, die eine Kraft in Richtung der Drehachse 5 auf die zweite Spindelmutter 46 ausüben kann, besteht, darin, die zweite Spindelmutter 46 gegenüber der ersten Spindelmutter 45 zu verspannen und damit eine spielfreie Kraftübertragung zwischen Gewindespindel 44 und dem Mitnehmer 52 zu ermöglichen, in dem die Spindelmuttern 45 und 46 ortsfest und drehbeweglich aufgenommen sind.

[0040] Der Mitnehmer 52 ist exemplarisch als im Wesentlichen rotationssymmetrischer Körper ausgebildet und weist einen umlaufenden Flansch 53 auf, an dem ein rohrförmiges Koppelmittel 54 befestigt ist, das für eine kraftübertragende Verbindung mit dem Werkzeugträger 4 ausgebildet ist. Der Flansch 53 und das Koppelmittel 54 sind derart dimensioniert, dass sie aufgrund der vom Werkzeugträger 4 auf den Werkstückrundtisch 3 übertragenen Kräfte geringfügig elastisch deformiert werden und dabei eventuell auftretende Verkippungen des Koppelschlittens 34 und des Mitnehmers 47 um Kippachsen quer zur Drehachse 5 zumindest teilweise aufnehmen, so dass diese nicht oder allenfalls anteilig auf den Werkzeugträger 4 übertragen werden. In Kombination mit der zumindest im Wesentlichen spielfreien Lagerung des Werkzeugträgers 4 am Tragrohr 33 wird dadurch eine besonders hohe Präzision für die Bearbeitung der am Werkstückrundtisch aufgenommenen Hohlkörper 55 erzielt.

[0041] Am Werkstückrundtisch 3 sind mehrere in gleicher Winkelteilung zur Drehachse 5 angeordnete, auch als Spannfutter bezeichnete Werkstückhalter 55 angebracht, in denen jeweils becherförmige Hohlkörper 56 aufgenommen sind. An der dem Werkstückrundtisch 3 gegenüberliegenden Oberfläche des Werkzeugträgers 4 sind korrespondierend zu den Werkstückhaltern 55 entsprechende Werkzeughalter 57 angeordnet, die mit Bearbeitungswerkzeugen 58, beispielsweise mit Umformwerkzeugen, bestückt sind.

[0042] Figur 2 ist eine Blockschaltbilddarstellung der für die Einstellung der Hublänge und/oder des minimalen Abstands zwischen dem Werkzeugträger 4 und dem

Werkstückrundtisch 3 vorzusehenden Funktionskomponenten. Die in der Figur 2 dargestellte Umformeinrichtung 1 entspricht der in Figur 1 dargestellten Umformeinrichtung 1, lediglich die Darstellung der Funktionskomponenten unterscheidet sich von der Darstellung der Figur 1. Zudem sind in der Figur 2 diejenigen Funktionskomponenten dargestellt, die eine gesteuerte oder geregelte Einstellung der Hublänge und/oder des minimalen Abstands zwischen dem Werkzeugträger 4 und dem Werkstückrundtisch 3 während der Durchführung der Linearbewegung ermöglichen.

[0043] Die Umformeinrichtung 1 umfasst eine Maschinensteuerung 80, eine Verstelleinrichtung 81 sowie eine Sensoreinrichtung 82, die exemplarisch aus mehreren Sensoren 85 bis 90 gebildet ist.

[0044] Die Verstelleinrichtung 81 ist für eine Verstellung der Hublänge und/oder des minimalen Abstands zwischen dem Werkzeugträger 4 und dem Werkstückrundtisch 3 während der Durchführung der Linearbewegung ausgebildet, exemplarisch in der Art der Baugruppe aus Gewindespindel 44, den Spindelmuttern 45, 46 und dem Stellmotor 49, wie sie in der Figur 1 angegeben ist.

[0045] Die Verstelleinrichtung 81 sowie die Sensoren 85 bis 90 der Sensoreinrichtung 82 sind über Verbindungsleitungen 91 elektrisch mit der Maschinensteuerung 80 gekoppelt. Exemplarisch umfasst die Sensoreinrichtung 82 die folgenden Sensoren: einen an der Pleuelstange 7 angebrachten Dehnungssensor 85, der beispielsweise als Dehnungsmessstreifen ausgebildet sein kann; einen ebenfalls am Pleuel 7 angebrachten Beschleunigungssensor 86; einen am Antriebsmotor 11 angebrachten Drehzahlsensor 87; einen an der Antriebseinrichtung 6 angebrachten Temperatursensor 88; einen zur Ermittlung des Abstands zwischen Werkstückrundtisch 3 und Werkzeugträger 4 vorgesehenen und beispielhaft am Werkzeugträger 4 angebrachten Abstandssensor 89 sowie einen Beschleunigungssensor 90, der ebenfalls exemplarisch am Werkzeugträger 4 angebracht ist. Zudem ist die Maschinensteuerung 80 mit einem Antriebsmotor 92 verbunden, der zur Einleitung einer translatorischen Bewegung auf den Werkstückrundtisch 3 längs der Drehachse 5 dient. Dieser optional vorgesehene Antriebsmotor 92 wirkt auf eine nicht näher dargestellte Getriebeeinrichtung, die zwischen der Stützplatte 26 und dem Gleitlagerring 62 vorgesehen ist. Der Antriebsmotor 92 und die Getriebeeinrichtung ermöglichen ergänzend oder alternativ zur Verstelleinrichtung 81 die Veränderung der axialen Position des Werkstückrundtischs 3 längs der Drehachse 5, zumindest in einem Verstellbereich von wenigen Millimetern.

[0046] Die Relativbewegungen zwischen Werkstückrundtisch 3 und Werkzeugträger 4, die durch die Antriebseinrichtung 6, die Verstelleinrichtung 81 und ergänzend oder alternativ durch den Antriebsmotor 92 hervorgerufen werden können, sind durch die Bewegungspfeile in der Figur 2 symbolisiert. Exemplarisch ist die Antriebseinrichtung 6 derart ausgebildet, dass der Werkzeugträger 4 eine zyklisch wiederkehrende Translationsbewegung gemäß dem Pfeil 93 ausführt. Zudem ist der Werkzeugträger 4 mittels der Verstelleinrichtung 81 hinsichtlich seiner Hublänge und/oder seines minimalen Abstands zum Werkstückrundtisch 3 gegenüber der Antriebseinrichtung 6 und damit auch gegenüber dem Werkstückrundtisch 3 ebenfalls längs der Drehachse 5 einstellbar, was durch den Pfeil 94 symbolisiert ist. Exemplarisch ist in der Antriebseinrichtung 6 ein Koordinatensystem 98 eingezeichnet, dessen X-Achse parallel zur Drehachse 5 ausgerichtet ist und dessen Koordinatenursprung den Nullpunkt für die Ermittlung der Positionen des Werkstückrundtischs 3 und des Werkzeugträgers 4 längs der Drehachse 5 herangezogen wird.

[0047] Der Pfeil 95 symbolisiert die Rotationsbewegung des Werkstückrundtischs 3, der Pfeil 96 symbolisiert die lineare Einstellbarkeit der axialen Position des Werkstückrundtischs 3 längs der Drehachse 5.

[0048] Während des Betriebs der Umformeinrichtung 1 läuft in der Maschinensteuerung 80 ein vorgegebenes Programm ab, mit dessen Hilfe die Antriebseinrichtung 6 mit dem zugehörigen Antriebsmotor 11 sowie die Verstelleinrichtung 81 und gegebenenfalls der Antriebsmotor 92 gesteuert werden können. Der Programmablauf für die für die Antriebseinrichtung 6, die Verstelleinrichtung 81 und den Antriebsmotor 92 kann beispielsweise derart gewählt werden, dass die Umformeinrichtung 1 ausgehend von einem Stillstand langsam in Betrieb genommen wird, wozu die Drehzahl des Antriebsmotors 11 gesteigert wird. Exemplarisch ist eine starre Kopplung zwischen dem Antriebsmotor 11, der Antriebseinrichtung 6 und dem damit wirkverbundenen Werkzeugträger vorgesehen, so dass eine Drehzahländerung des Antriebsmotors 11 zu einer Veränderung der Zykluszeiten für die Bewegungen des Werkstückrundtischs 3 und des Werkzeugträgers 4 mit sich bringt.

[0049] Bei geringer Drehzahl des Antriebsmotors 11 und großer Zyklusdauer für die zyklische Linearbewegung und die Drehschrittbewegung sind die dynamischen Belastungen auf die Komponenten der Umformeinrichtung 1 gering. Somit sind die Abweichungen zwischen einem Sollwert für die Hubbewegung des Werkzeugträgers 4 gegenüber dem Werkstückrundtisch 3 ebenfalls gering, da die Belastungen in den Lagerungen für den Werkstückrundtisch 3 und den Werkzeugträger 4 auf einem niedrigen Niveau liegen und keine Deformationen aufgrund von dynamischen Krafteinwirkungen auf den Werkstückrundtisch 3, den Werkzeugträger 4 und die Antriebseinrichtung 6 vorliegen. Somit treten auch nur geringe Ungenauigkeiten bei der Bearbeitung von Hohlkörpern auf.

[0050] Mit steigender Drehzahl des Antriebsmotors 11 und abnehmender Zyklusdauer für die zyklische Linearbewegung und die Drehschrittbewegung zwischen dem Werkstückrundtisch 3 und den Werkzeugträger 4 kann der Fall eintreten, dass die Ungenauigkeiten aufgrund der höheren Belastungen in den Lagerungen und aufgrund von dynamisch bedingten Deformationseffekten

von einzelnen Komponenten der Antriebseinrichtung 6 zunehmen. Hierdurch können möglicherweise Abweichungen bei der Bearbeitung der Hohlkörper 55 auftreten, die zumindest teilweise kompensiert werden müssen.

[0051] Hierzu kann die Maschinensteuerung 80 basierend auf Simulationsdaten und/oder Erfahrungswerten dahingehend programmiert sein, dass für jeden Betriebszustand der Umformeinrichtung 1, insbesondere für jede Zyklusdauer der linearen Bewegung des Werkzeugträgers 4, gegebenenfalls in Abhängigkeit vom maximalen Hub als Differenz zwischen dem minimalen und dem maximalen Abstand zwischen Werkstückrundtisch 3 und Werkzeugträger 4 eine Stellwertvorgabe für die Verstelleinrichtung 81 abgespeichert ist. Somit kann zu jedem Zeitpunkt und jedem Betriebszustand der Umformeinrichtung 1 eine zumindest teilweise Kompensation von Deformationseffekten, die beispielsweise im Pleuel 7 oder in den Lagerungen der unterschiedlichen Komponenten, insbesondere des Werkstückrundtisch 3 und des Werkzeugträgers 4, auftreten können, erzielt werden.

[0052] Besonders bevorzugt werden von der Maschinensteuerung 80 die von den Sensoren 85 bis 90 der Sensoreinrichtung 82 bereitgestellten Zustandswerte verarbeitet, um die relative Position des Werkzeugträgers 4 gegenüber dem Werkstückrundtisch 3 zu regeln. Exemplarisch ist vorgesehen, anhand der Abstandsmessung durch den Abstandssensor 89 den minimalen Abstand zwischen dem Werkzeugträger 4 und dem Werkstückrundtisch 3 während der Hubbewegung zu ermitteln. Dieser minimale Abstand, der auch als vorderer Umkehrpunkt für die zyklische Linearbewegung des Werkzeugträgers 4 bezeichnet wird, kann mit der in Figur 1 gezeigten Anordnung aus Gewindespindel 44, den Spindelmuttern 45, 46 und dem Stellmotor 49, die in der Figur 2 von der Verstelleinrichtung 81 repräsentiert werden, verändert werden. Diese Veränderung der Lage des vorderen Umkehrpunkts erfolgt exemplarisch durch Verlagerung der Intervallgrenzen, insbesondere des vorderen Umkehrpunkts und des hinteren Umkehrpunkts der zyklischen Linearbewegung, während der Betrag der Hubbewegung hierdurch nicht verändert werden muss. Die Ansteuerung der Verstelleinrichtung 81 kann hierbei ohne oder mit Einbeziehung von Zustandswerten der Sensoreinrichtung 82, also gesteuert oder geregelt erfolgen.

[0053] In ähnlicher Weise kann die Maschinensteuerung 80 auch die Zustandswerte der übrigen Sensoren 85 bis 88 und 90 verarbeiten.

[0054] Somit ist zu jedem Zeitpunkt unabhängig vom Betriebszustand der Umformeinrichtung eine zumindest nahezu vollständige Kompensation von deformationsbedingten Positionsabweichungen für den Werkzeugträger 4 gegenüber dem Werkstückrundtisch 3 gewährleistet. Zusätzlich können am Werkstückrundtisch 3 und/oder am Werkzeugträger 4 nicht dargestellte Beladungssensoren sind vorzugsweise ebenfalls mit der Maschinensteuerung 80 gekoppelt und können eine Beladung des Werkstückrundtischs 3 mit Werkstücken sowie eine Beladung des Werkzeugträgers 4 mit Werkzeugen detektieren. Anhand der detektierten Beladung kann ebenfalls eine Kompensation von möglicherweise auftretenden Positionsabweichungen zwischen Werkzeugträger 4 und Werkstückrundtisch 3 vorgenommen werden.

Patentansprüche

1. Umformeinrichtung für becherförmige Hohlkörper (55) mit einer Maschinensteuerung (80), einer Antriebseinrichtung (6), einem Werkstückrundtisch (3) zur Aufnahme von Hohlkörpern (55) und einem Werkzeugträger (4) zur Aufnahme von Bearbeitungswerkzeugen (58), wobei sich Werkstückrundtisch (3) und Werkzeugträger (4) gegenüberliegen und um eine Drehachse (5) zueinander verdrehbar sowie längs der Drehachse (5) zueinander linearverstellbar sind und wobei die Antriebseinrichtung (6) von der Maschinensteuerung (80) ansteuerbar ausgebildet ist und zur Bereitstellung einer Drehschrittbewegung und einer zyklischen Linearbewegung zwischen Werkstückrundtisch (3) und Werkzeugträger (4) eingerichtet ist, um eine Umformung der Hohlkörper (55) mittels der Bearbeitungswerkzeuge (58) in mehreren aufeinanderfolgenden Bearbeitungsschritten zu ermöglichen, sowie mit einer Verstelleinrichtung (81), die zur Einstellung einer Hublänge der zyklischen Linearbewegung und/oder eines minimalen Abstands zwischen dem Werkzeugträger (4) und dem Werkstückrundtisch (3) ausgebildet ist, wobei die Verstelleinrichtung (81) derart ausgebildet ist, dass sie die Einstellung der Hublänge und/oder des minimalen Abstands zwischen dem Werkzeugträger (4) und dem Werkstückrundtisch (3) während der Durchführung der Linearbewegung ermöglicht, und wobei die Verstelleinrichtung (81) eine Gewindespindel (44) sowie eine erste und eine zweite zueinander beabstandet angeordnete Spindelmutter (45, 46) umfasst, die jeweils in ein Außengewinde der Gewindespindel (44) eingreifen und wobei die spindelmuttern (45, 46) in einem dem Werkzeugträger (4) zugeordnetem Mitnehmer (52) gelagert sind und wobei die beiden Spindelmuttern (45, 46) drehfest und linearverschieblich miteinander verbunden sind und wobei der zweiten Spindelmutter (46) eine Linearstelleinrichtung (48) und ein stellmotor (49) zugeordnet sind, wobei die zweite Spindelmutter (46) vom stellmotor (49) durch Rotation längs der Gewindespindel (4) verschiebbar und durch die Linearstelleinrichtung (48) gegenüber der ersten Spindelmutter (45) verspannbar ist.

2. Umformeinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Maschinensteuerung (80) derart für eine Ansteuerung der Verstelleinrichtung (81) ausgebildet ist, dass eine Einstellung der Hublänge der zyklischen Linearbewegung und/oder des

minimalen Abstands zwischen dem Werkzeugträger (4) und dem Werkstückrundtisch (3) in Abhängigkeit von wenigstens einem Zustandswert der Antriebseinrichtung (6) erfolgt.

3. Umformeinrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Maschinensteuerung (80) wenigstens eine Sensoreinrichtung (82) zur Ermittlung wenigstens eines Zustandswerts der Antriebseinrichtung (6) zugeordnet ist.

4. Umformeinrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sensoreinrichtung (82) als Längensensor (85) und/oder Abstandssensor (89) und/oder Drehzahlsensor (87) und/oder Beschleunigungssensor (90) und/oder Deformationssensor und/oder Temperatursensor (88) ausgebildet und mit der Maschinensteuerung (80) gekoppelt ist.

5. Umformeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Maschinensteuerung (80) ein Steueralgorithmus hinterlegt ist, um eine Einstellung der Verstelleinrichtung (81) in Abhängigkeit von wenigstens einem Zustandswert zu ermöglichen.

6. Umformeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verstelleinrichtung (81) für eine lineare Verstellbewegung des Werkzeugträgers (4) relativ zur Antriebseinrichtung (6) ausgebildet ist.

7. Umformeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verstelleinrichtung (81) für eine lineare Verstellbewegung des Werkstückrundtischs (3) relativ zur Antriebseinrichtung (6) ausgebildet ist.

8. Verfahren zum Betreiben einer Umformeinrichtung (1) für becherförmige Hohlkörper (55), die eine Maschinensteuerung (80), eine Antriebseinrichtung (6), einen Werkstückrundtisch (3) zur Aufnahme von Hohlkörpern (55) und einen Werkzeugträger (4) zur Aufnahme von Bearbeitungswerkzeugen (58) umfasst, wobei sich Werkstückrundtisch (3) und Werkzeugträger (4) gegenüberliegen und um eine Drehachse (5) zueinander verdrehbar sowie längs der Drehachse (5) zueinander linearverstellbar sind und wobei die Antriebseinrichtung (6) von der Maschinensteuerung (80) ansteuerbar ausgebildet ist und zur Bereitstellung einer Drehschrittbewegung und einer zyklischen Linearbewegung zwischen Werkstückrundtisch (3) und werkzeugträger (4) eingerichtet ist, um eine Umformung der Hohlkörper (55) mittels der Bearbeitungswerkzeuge (58) in mehreren aufeinanderfolgenden Bearbeitungsschritten zu ermöglichen, sowie mit einer Verstelleinrichtung (81), die zur Einstellung einer Hublänge der zyklischen Linearbewegung und/oder eines minimalen Abstands zwischen dem Werkzeugträger (4) und dem Werkstückrundtisch (3) ausgebildet ist, wobei eine Einstellung der Hublänge und/oder des minimalen Abstands zwischen dem Werkzeugträger (4) und dem Werkstückrundtisch (3) mittels der Verstelleinrichtung (81) während der Durchführung der Linearbewegung vorgenommen wird, wobei die Verstelleinrichtung (81) eine Gewindespindel (44) sowie eine erste und eine zweite zueinander beabstandet angeordnete Spindelmutter (45, 46) umfasst, die jeweils in ein Außengewinde der Gewindespindel (44) eingreifen und wobei die Spindelmuttern (45, 46) in einem dem Werkzeugträger zugeordneten Mitnehmer (52) gelagert sind und wobei die beiden Spindelmuttern (45, 46) drehfest und linearverschieblich miteinander verbunden sind und wobei der zweiten Spindelmutter (46) eine Linearstelleinrichtung (48) und ein Stellmotor (49) zugeordnet sind, wobei die zweite Spindelmutter (46) vom Stellmotor (49) durch Rotation längs der Gewindespindel (4) verschiebbar und durch die Linearstelleinrichtung (48) gegenüber einer ersten Spindelmutter (45) verspannbar ist und nach der Einstellung der Hublänge und/oder des minimalen Abstands zwischen dem Werkzeugträger (4) und dem Werkstückrundtisch (3) mittels des Stellmotors (49) eine Verspannung der zweiten Spindelmutter (46) gegenüber der ersten Spindelmutter (45) mittels der Linearstelleinrichtung (48) erfolgt, um eine spielfreie Kraftübertragung zwischen der Gewindespindel (44) und dem Mitnehmer (52) zu ermöglichen,

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einstellung der Hublänge und/oder des minimalen Abstands zwischen dem Werkzeugträger (4) und dem Werkstückrundtisch (3) mittels der Verstelleinrichtung (81) in P 27629/EP einem vorgebbaren Zeitintervall innerhalb eines Zyklus der Linearbewegung vorgenommen wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zeitintervall derart ausgewählt wird, dass eine Intervallgrenze nahe an einem Umkehrzeitpunkt der Linearbewegung liegt, zu dem ein Abstand zwischen dem Werkzeugträger (4) und dem Werkstückrundtisch (3) maximal ist.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zeitintervall während einer Entfernungsbewegung zwischen Werkzeugträger (4) und Werkstückrundtisch (3) beginnt und während einer Annäherungsbewegung zwischen Werkzeugträger (4) und Werkstückrundtisch (3) endet.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Maschinensteuerung (80) wenigstens ein Zustandswert der An-

triebseinrichtung (6) verarbeitet wird, der von einer Sensoreinrichtung (82) bereitgestellt wird, um eine Stellwertvorgabe für die Verstelleinrichtung (81) zu ermitteln und die Verstelleinrichtung (81) dementsprechend anzusteuern.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Maschinensteuerung (80) eine Verknüpfung zwischen dem gemessenen Zustandswert der Antriebseinrichtung (6) und einem Vorgabewert für einen angestrebten Zustandswert der Antriebseinrichtung (6) vorgenommen wird, um eine Stellwertvorgabe für die Verstelleinrichtung (81) zu ermitteln und die Verstelleinrichtung (81) dementsprechend anzusteuern.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Maschinensteuerung (80) eine Überwachung einer Beladung des Werkzeugträgers (4) mit Werkzeugen (58) und/oder des Werkstückrundtischs (3) mit Werkstücken (55) zur Ermittlung einer Stellwertvorgabe für die Verstelleinrichtung (81) erfolgt.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Maschinensteuerung (80) eine Regelung der Hublänge der zyklischen Linearbewegung und/oder des minimalen Abstands zwischen dem Werkzeugträger (4) und dem Werkstückrundtisch (3) anhand von Zustandswerten und wenigstens einem von der Beladung des Werkzeugträgers (4) mit Werkzeugen (58) und/oder der Beladung des Werkstückrundtischs (3) mit Werkstücken (55) abhängigen Kennwert vornimmt.

Claims

1. Forming apparatus for cup-shaped hollow bodies (55), with a machine control (80), a drive unit (6), a workpiece rotary table (3) for holding hollow bodies (55), and a tool holder (4) for holding machine tools (58), wherein the workpiece rotary table (3) and the tool holder (4) lie opposite one another and are rotatable relative to one another around a rotation axis (5), also being moveable linearly relative to one another along the rotation axis (5), wherein the drive unit (6) is designed to be activated by the machine control (80) and to provide a rotary step movement and a cyclical linear movement between workpiece rotary table (3) and tool holder (4), in order to facilitate forming of the hollow bodies (55) using the machine tools (58), in several consecutive machining steps, and also with an adjusting device (81) which is designed to set a stroke length of the cyclical linear movement and/or a minimum distance between the tool holder (4) and the workpiece rotary table (3), wherein the adjusting device (81) is so designed as to facilitate the setting of the stroke length and/or the minimum distance between tool holder (4) and workpiece rotary table (3) during the implementation of the linear movement, and wherein the adjusting device (81) includes a threaded spindle (44) together with a first and a second spindle nut (45, 46), spaced apart from one another, each of which engages in an external thread of the threaded spindle (44), and wherein the spindle nuts (45, 46) are mounted in a driver (52) assigned to the tool holder (4), and wherein the two spindle nuts (45, 46) are connected to one another non-rotatably and capable of linear movement, and wherein the second spindle nut (46) is assigned a linear positioning device (48) and an actuator (49), wherein the second spindle nut (46) may be shifted by the actuator (49) through rotation along the threaded spindle (44) and may be clamped by the linear positioning device (48) against the first spindle nut (45).

2. Forming apparatus according to claim 1, **characterised in that** the machine control (80) is designed for activation of the adjusting device (81) in such a way that setting of the stroke length and/or the minimum distance between tool holder (4) and workpiece rotary table (3) are or is effected on the basis of at least one status value of the drive unit (6).

3. Forming apparatus according to claim 2, **characterised in that** the machine control (80) is assigned at least one sensor device (82) to determine at least one status value of the drive unit (6).

4. Forming apparatus according to claim 3, **characterised in that** the sensor device (82) is in the form of a length sensor (85) and/or a distance sensor (89) and/or a speed sensor (87) and/or an acceleration sensor (90) and/or a deformation sensor and/or a temperature sensor (88) and is connected to the machine control (80).

5. Forming apparatus according to any of the preceding claims, **characterised in that** there is filed in the machine control (80) a control algorithm for facilitating the setting of the adjusting device (81) on the basis of one or more status values.

6. Forming apparatus according to any of the preceding claims, **characterised in that** the adjusting device (81) is designed for a linear adjusting movement of the tool holder (4) relative to the drive unit (6).

7. Forming apparatus according to any of the preceding claims, **characterised in that** the adjusting device (81) is designed for a linear adjusting movement of the workpiece rotary table (3) relative to the drive unit (6).

8. Method for the operation of a forming apparatus (1) for cup-shaped hollow bodies (55), comprising a machine control (80), a drive unit (6), a workpiece rotary table (3) for holding hollow bodies (55), and a tool holder (4) for holding machine tools (58), wherein the workpiece rotary table (3) and the tool holder (4) lie opposite one another and are rotatable relative to one another around a rotation axis (5), also being moveable linearly relative to one another along the rotation axis (5), wherein the drive unit (6) is designed to be activated by the machine control (80) and to provide a rotary step movement and a cyclical linear movement between workpiece rotary table (3) and tool holder (4), in order to facilitate forming of the hollow bodies (55) using the machine tools (58), in several consecutive machining steps, and also with an adjusting device (81) which is designed to set a stroke length of the cyclical linear movement and/or a minimum distance between the tool holder (4) and the workpiece rotary table (3), wherein setting of the stroke length and/or the minimum distance between tool holder (4) and workpiece rotary table (3) is undertaken by means of the adjusting device (81) during implementation of the linear movement, and wherein the adjusting device (81) includes a threaded spindle (44) together with a first and a second spindle nut (45, 46), spaced apart from one another, each of which engages in an external thread of the threaded spindle (44), and wherein the spindle nuts (45, 46) re mounted in a driver (52) assigned to the tool holder, and wherein the two spindle nuts (45, 46) are connected to one another non-rotatably and capable of linear movement, and wherein the second spindle nut (46) is assigned a linear positioning device (48) and an actuator (49), wherein the second spindle nut (46) may be shifted by the actuator (49) through rotation along the threaded spindle (44) and may be clamped by the linear positioning device (48) against the first spindle nut (45), and after setting of the stroke length and/or the minimum distance between the tool holder (4) and the workpiece rotary table (3) by means of the actuator (49), clamping of the second spindle nut (46) against the first spindle nut (45) is effected by means of the linear positioning device (48), in order to facilitate force transfer, free from play, between the threaded spindle (44) and the driver (52).

9. Method according to claim 8, **characterised in that** setting of the stroke length and/or the minimum distance between the tool holder (4) and the workpiece rotary table (3) by means of the adjusting device (81) is undertaken in a presettable time interval within a cycle of the linear movement.

10. Method according to claim 9, **characterised in that** the time interval is so selected that an interval limit lies close to a reversal point of the linear movement at which a distance between the tool holder (4) and the workpiece rotary table (3) is at its maximum.

11. Method according to claim 9 or 10, **characterised in that** the time interval begins during a separation movement between tool holder (4) and workpiece rotary table (3), and ends during an approach movement between tool holder (4) and workpiece rotary table (3).

12. Method according to any of claims 8 to 11, **characterised in that** there is processed in the machine control (80) at least one status value of the drive unit (6) which is provided by the sensor device (82), in order to determine a specified control value for the adjusting device (81) and to activate the adjusting device (81) accordingly.

13. Method according to claim 12, **characterised in that** in the machine control (80) a linkage is made between a measured status value of the drive unit (6) and a specified value for a desired status value of the drive unit (6), in order to determine a specified control value for the adjusting device (81) and to activate the adjusting device (81) accordingly.

14. Method according to any of claims 8 to 13, **characterised in that** monitoring of loading of tools (58) into the tool holder (4) and/or of workpieces (55) onto the workpiece rotary table (3) is effected in the machine control (80) to determine a specified control value for the adjusting device (81).

15. Method according to claim 14, **characterised in that** the machine control (80) undertakes regulation of the stroke length of the cyclical linear movement and/or of the minimum distance between the tool holder (4) and the workpiece rotary table (3) with the aid of status values and at least one characteristic value based on loading of tools (58) into the tool holder (4) and/or of workpieces (55) onto the workpiece rotary table (3)

Revendications

1. Dispositif de déformation pour corps creux en forme de cuvette (55) avec une commande machine (80), un dispositif d'entraînement (6), une table ronde porte-pièce (3) servant à recevoir des corps creux (55) et un porte-outil (4) servant à recevoir des outils d'usinage (58), la table ronde porte-pièce (3) et le porte-pièce (4) étant en regard l'un de l'autre et pouvant être pivotés autour d'un axe de rotation (5) l'un par rapport à l'autre ainsi que pouvant être réglés linéairement le long de l'axe de rotation (5) l'un par rapport à l'autre et le dispositif d'entraînement (6) étant réalisé de manière à pouvoir être commandé

par la commande machine (80) et étant aménagé pour fournir un mouvement progressif de rotation et un mouvement linéaire cyclique entre la table ronde porte-pièce (3) et le porte-outil (4) afin de permettre une déformation des corps creux (55) à l'aide des outils d'usinage (58) au cours de plusieurs étapes d'usinage consécutives, ainsi qu'avec un dispositif de réglage (81) qui est réalisé pour le réglage d'une longueur de course du mouvement linéaire cyclique et/ou d'une distance minimale entre le porte-outil (4) et la table ronde porte-pièce (3), le dispositif de réglage (81) étant réalisé de manière à permettre le réglage de la longueur de course et/ou de la distance minimale entre le porte-outil (4) et la table ronde porte-pièce (3) pendant la réalisation du mouvement linéaire, et le dispositif de réglage (81) comportant une broche filetée (44) ainsi qu'un premier et un second écrou de broche (45, 46) disposés à distance l'un de l'autre, qui s'engagent respectivement dans un filetage extérieur de la broche filetée (44) et les écrous de broche (45, 46) étant logés dans un entraîneur (52) associé au porte-outil (4) et les deux écrous de broche (45, 46) étant reliés entre eux de manière solidaire en rotation et mobile linéairement et au second écrou de broche (46) étant associés un dispositif de réglage linéaire (48) et un moteur de commande (46), le second écrou de broche (46) pouvant être déplacé par le moteur de commande (49) par rotation le long de la broche filetée (4) et pouvant tourner par le dispositif de réglage linéaire (48) par rapport au premier écrou de broche (45).

2. Dispositif de déformation selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la commande machine (80) est réalisée pour une commande du dispositif de réglage (81) de telle manière qu'un réglage de la longueur de course du mouvement linéaire cyclique et/ou de la distance minimale entre le porte-outil (4) et la table ronde porte-pièce (3) soit effectué en fonction d'au moins une valeur d'état du dispositif d'entraînement (6).

3. Dispositif de déformation selon la revendication 2 **caractérisé en ce que** la commande machine (80) est associée à au moins un dispositif capteur (82) pour la détermination au moins d'une valeur d'état du dispositif d'entraînement (6).

4. Dispositif de déformation selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le dispositif capteur (82) est réalisé comme un capteur de longueur (85) et/ou un capteur de distance (89) et/ou un capteur de vitesse de rotation (87) et/ou un capteur d'accélération (90) et/ou un capteur de déformation et/ou un capteur de température (88) et est couplé à la commande machine (80).

5. Dispositif de déformation selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un algorithme de commande est enregistré dans la commande machine (80) afin de permettre un réglage du dispositif de réglage (81) en fonction d'au moins une valeur d'état.

6. Dispositif de déformation selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de réglage (81) est réalisé pour un mouvement de réglage linéaire du porte-outil (4) par rapport au dispositif d'entraînement (6).

7. Dispositif de déformation selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de réglage (81) est réalisé pour un mouvement de réglage linéaire de la table ronde porte-pièce (3) par rapport au dispositif d'entraînement (6).

8. Procédé d'utilisation d'un dispositif de déformation (1) pour des corps creux en forme de cuvette (55) qui comporte une commande machine (80), un dispositif d'entraînement (6), une table ronde porte-pièce (3) servant à recevoir des corps creux (55) et un porte-outil (4) servant à recevoir des outils d'usinage (58), la table ronde porte-pièce (3) et le porte-pièce (4) étant en regard l'un de l'autre et pouvant être pivotés autour d'un axe de rotation (5) l'un par rapport à l'autre ainsi que pouvant être réglés linéairement le long de l'axe de rotation (5) l'un par rapport à l'autre et le dispositif d'entraînement (6) étant réalisé de manière à pouvoir être commandé par la commande machine (80) et étant aménagé pour fournir un mouvement progressif de rotation et un mouvement linéaire cyclique entre la table ronde porte-pièce (3) et le porte-outil (4) afin de permettre une déformation des corps creux (55) à l'aide des outils d'usinage (58) au cours de plusieurs étapes d'usinage consécutives, ainsi qu'avec un dispositif de réglage (81) qui est réalisé pour le réglage d'une longueur de course du mouvement linéaire cyclique et/ou d'une distance minimale entre le porte-outil (4) et la table ronde porte-pièce (3), un réglage de la longueur de course et/ou de la distance minimale entre le porte-outil (4) et la table ronde porte-pièce (3) étant entrepris à l'aide du dispositif de réglage (81) pendant la réalisation du mouvement linéaire, le dispositif de réglage (81) comportant une broche filetée (44) ainsi qu'un premier et un second écrou de broche (45, 46) disposés à distance l'un de l'autre, qui s'engagent respectivement dans un filet extérieur de la broche filetée (44) et les écrous de broche (45, 46) étant logés dans un entraîneur (52) associé au porte-outil et les deux écrous de broche (45, 46) étant reliés entre eux de manière solidaire en rotation et mobile linéairement et au second écrou de broche (46) étant associés un dispositif de réglage linéaire (48) et un moteur de commande (49), le second

écrou de broche (46) pouvant être déplacé par le moteur de commande (49) par rotation le long de la broche filetée (4) et pouvant tourner par le dispositif de réglage linéaire (48) par rapport au premier écrou de broche (45) et après le réglage de la longueur de course et/ou de la distance minimale entre le porte-outil (4) et la table ronde porte-pièce (3) à l'aide du moteur de commande (49), une rotation du second écrou de broche (46) par rapport au premier écrou de broche (45) étant effectuée à l'aide du dispositif de réglage linéaire (48) afin de permettre une transmission de force sans jeu entre la broche filetée (44) et l'entraîneur (52).

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le réglage de la longueur de course et/ou de la distance minimale entre le porte-outil (4) et la table ronde porte-pièce (3) est entrepris à l'aide du dispositif de réglage (81) dans un intervalle de temps prescriptible dans un cycle du mouvement linéaire.

10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** l'intervalle de temps est sélectionné de telle manière qu'une limite d'intervalle se situe près d'un moment d'inversion du mouvement linéaire, auquel une distance entre le support d'outil (4) et la table ronde porte-pièce (3) est maximale.

11. Procédé selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que** l'intervalle de temps commence pendant un mouvement d'éloignement entre le porte-outil (4) et la table ronde porte-pièce (3) et se termine pendant un mouvement d'approche entre le porte-outil (4) et la table ronde porte-pièce (3).

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, **caractérisé en ce qu'**au moins une valeur d'état du dispositif d'entraînement (6) est traitée dans la commande machine (80), laquelle est fournie par un dispositif capteur (82) afin de déterminer une prescription de valeur de réglage pour le dispositif de réglage (81) et de commander en conséquence le dispositif de réglage (81).

13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce qu'**une liaison entre la valeur d'état mesurée du dispositif d'entraînement (6) et une valeur de prescription pour une valeur d'état visée du dispositif d'entraînement (6) est établie dans la commande machine (80) afin de déterminer une prescription de valeur de réglage pour le dispositif de réglage (81) et de commander en conséquence le dispositif de réglage (81).

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 13, **caractérisé en ce qu'**une surveillance d'un chargement du porte-outil (4) avec des outils (58) et/ou de la table ronde porte-pièce (3) avec des pièces (55) est effectuée pour la détermination d'une prescription de valeur de réglage pour le dispositif de réglage (81) dans la commande machine (80).

15. Procédé selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** la commande machine (80) entreprend une régulation de la longueur de course du mouvement linéaire cyclique et/ou de la distance minimale entre le porte-outil (4) et la table ronde porte-pièce (3) à l'aide de valeurs d'état et au moins une valeur caractéristique dépendant du chargement du porte-outil (4) avec des outils (58) et/ou du chargement de la table ronde porte-pièce (3) avec des pièces (55).

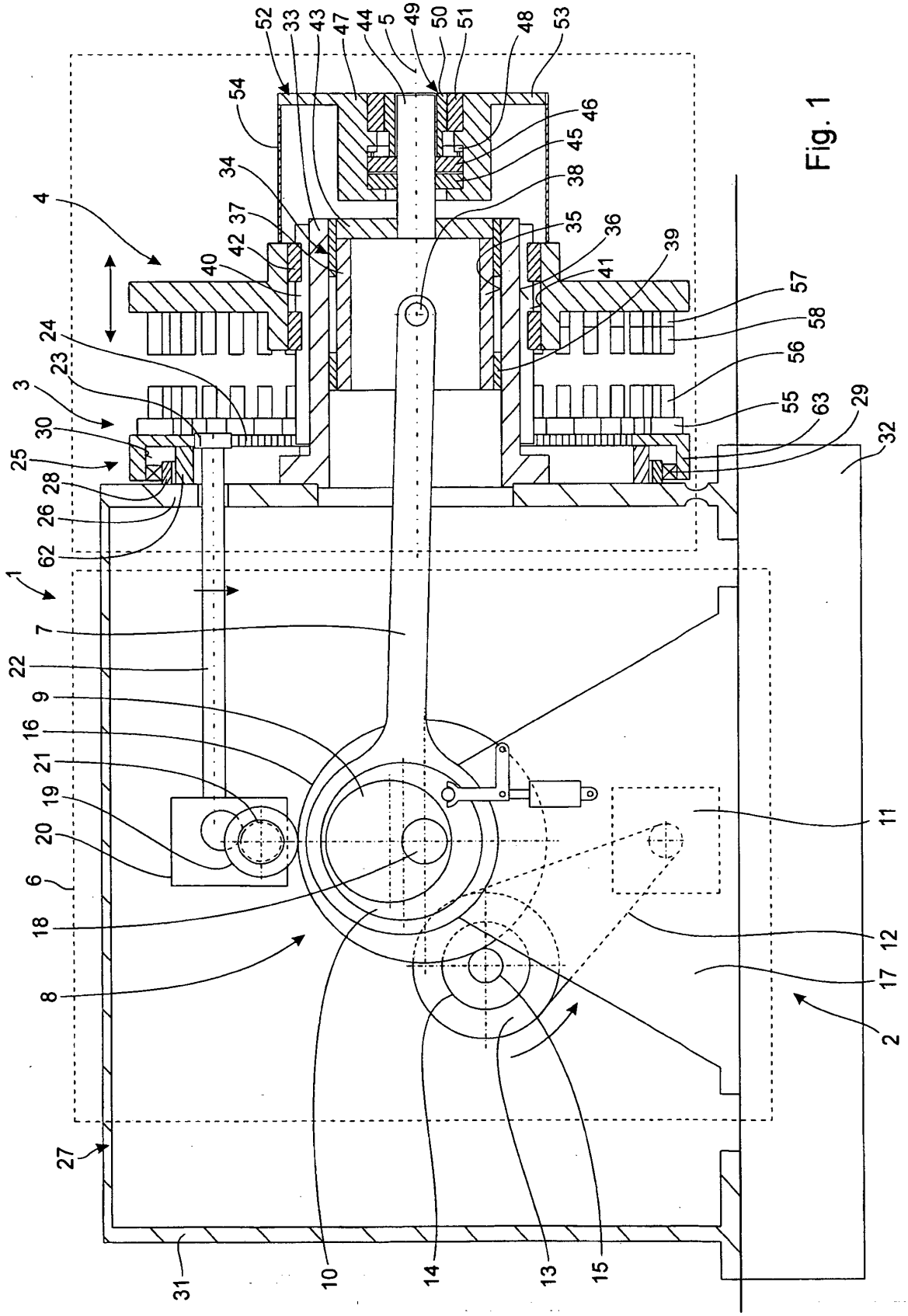

52
33
43
47
44
5
49
50
51
48
53
54
46
45
34
38
4
37
35
36
42
40
39
41
57
58
24
56
23
3
55
63
29
30
32
25
28
26
62
1
7
22
9
16
21
19
20
6
18
8
11
12
17
2
27
31
10
14
13
15

Fig. 1

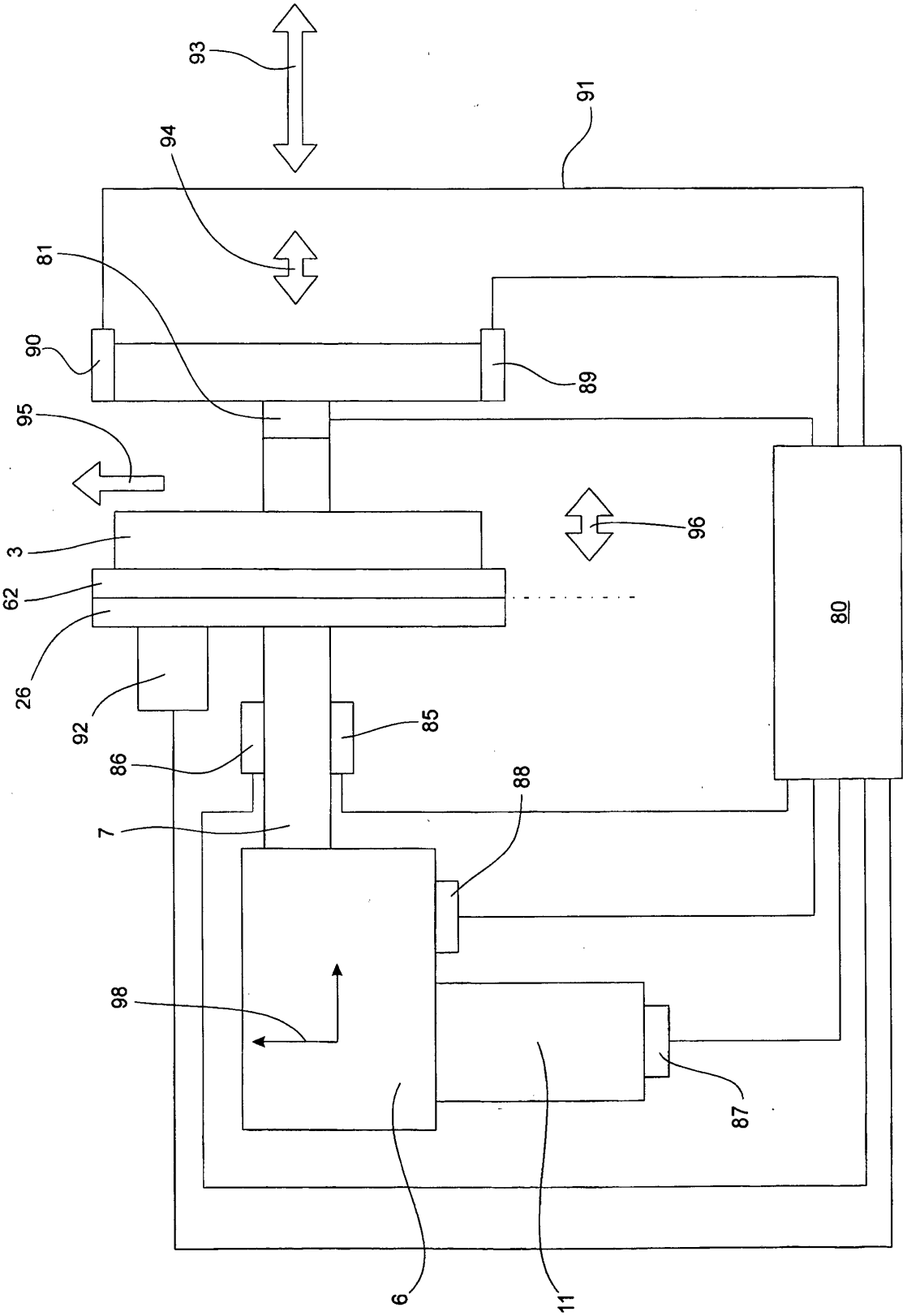


Fig. 2

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 1777297 **[0002]**
- US 20030041643 A1 **[0003]**
- EP 0275369 A2 **[0004]**