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

(11) **EP 2 353 780 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
04.04.2012 Patentblatt 2012/14

(51) Int Cl.:
B24B 5/16 *(2006.01)* ***B24B 15/00*** *(2006.01)*
B24B 19/06 *(2006.01)* ***B24B 49/12*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **10001258.2**

(22) Anmeldetag: **08.02.2010**

(54) Rotationsfinishvorrichtung und Verfahren zur Einrichtung oder zum Betrieb einer Rotationsfinishvorrichtung

Rotation finishing device and method for installating or operating same

Dispositif de finition de rotation et procédé d'installation ou de fonctionnement d'un dispositif de finition de rotation

(84) Benannte Vertragsstaaten:
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 SE SI SK SM TR

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.08.2011 Patentblatt 2011/32

(73) Patentinhaber: **Supfina Grieshaber GmbH & Co. KG**
77709 Wolfach (DE)

(72) Erfinder: **Hildebrandt, Oliver**
78132 Homberg (DE)

(74) Vertreter: **Thielking, Klaus**
Dreiss Patentanwälte
Postfach 10 37 62
70032 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 577 056
EP-A1- 1 878 534
DE-A1-102006 050 838
DE-A1-102007 050 482

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 2 353 780 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Rotationsfinishvorrichtung, mit einem Finishwerkzeug in Form einer Topfscheibe, welches mittels einer Werkzeug-Antriebseinrichtung um eine Werkzeugachse rotierend antreibbar ist, wobei die Position der Werkzeugachse mittels einer Einstelleinrichtung relativ zu einem zu bearbeitenden Werkstück einstellbar ist.

[0002] Rotationsfinishvorrichtungen der vorstehend genannten Art werden verwendet, um rotierende Werkstückoberflächen, insbesondere Wälzlagerflächen, zu bearbeiten, indem eine Wirkfläche einer Topfscheibe in Eingriff mit der Werkstückoberfläche gebracht wird, wobei die Topfscheibe um eine Werkstückachse rotierend angetrieben ist.

[0003] Im Prinzip ermöglicht das Rotationsfinishen eine hochgenaue Bearbeitung von Werkstückoberflächen. In der Praxis erfordert es jedoch einen hohen Zeitaufwand, Rotationsfinishvorrichtungen für die Bearbeitung bestimmter Werkstücke zu rüsten und eine gleichbleibende Qualität der Oberflächenbearbeitung über ein Los von mehreren Werkstücken aufrechtzuerhalten. Insbesondere zur Einrichtung der Rotationsfinishvorrichtung ist ein hohes Maß an Erfahrung seitens des Bedienpersonals erforderlich. Darüber hinaus geht die Einrichtung einer Rotationsfinishvorrichtung zur Anpassung an ein neues Werkstücklos oft mit der Zerstörung mehrerer Probe-Werkstücke einher.

[0004] Aus der EP 1 878 534 A1 ist eine Vorrichtung zum Ausrichten einer Werkzeugspindel und einer an der Werkzeugspindel befestigten Topfscheibe bekannt, mit welcher die Werkzeugspindel und die Topfscheibe um einen Neigungswinkel und einen Führungswinkel verschwenkt werden können.

[0005] Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Rotationsfinishvorrichtung bereitzustellen, welche kurze Rüstzeiten und eine einfache Kontrolle der Fertigungsqualität ermöglicht.

[0006] Diese Aufgabe durch eine Rotationsfinishvorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0007] Die Erfindung sieht vor, einen Ist-Zustand der Werkstückoberfläche zu erfassen und ausgehend von diesem Ist-Zustand einen Ist-Wert mindestens eines Parameters zu bestimmen, der eine Krümmungseigenschaft des Verlaufs einer Bearbeitungsspur betrifft. Dies ermöglicht es, ohne dass hierfür auf die Erfahrung eines Maschinenbedieners zurückgegriffen werden müsste, eine Abweichung von einem Soll-Zustand feststellen zu können und hieraus Vorgaben für eine Veränderung der Position der Werkzeugachse zu erstellen.

[0008] Bei der Erfassungseinrichtung handelt es sich um ein optisches System (beispielsweise um eine Kamera), welches zumindest einen Ausschnitt der zu bearbeitenden Werkstückoberfläche erfasst. Hierbei kann vorgesehen sein, dass die Position und/oder die Lage der Erfassungseinrichtung veränderbar ist.

[0009] Insbesondere bei beengten Fertigungsverhältnissen ist es vorteilhaft, wenn die Erfassungseinrichtung in Form eines Endoskops ausgebildet ist, so dass möglichst viel Bauraum für das Werkstück und das Finishwerkzeug verbleibt.

[0010] Auch der Einsatz von Streulichtmesssystemen ist möglich. Mit einem solchen System wird eine zu bearbeitende Werkstückoberfläche abschnittsweise beleuchtet und die von der Werkstückoberfläche zurückgestreute Strahlung von einer Messoptik auf eine Diodenzelle gelenkt. Solche Systeme werden beispielsweise von der Optosurf GmbH in Ettlingen/Deutschland angeboten.

[0011] Die Position der Werkzeugachse ist relativ zu dem zu bearbeitenden Werkstück mittels einer Einstelleinrichtung einstellbar. Es ist eine Ansteuereinrichtung vorgesehen, mittels welcher die Einstelleinrichtung in Abhängigkeit insbesondere eines Vergleichs des mindestens einen Ist-Werts und mindestens eines Soll-Werts ansteuerbar ist. Dies ermöglicht eine automatisierte Einstellung der Position der Werkzeugachse relativ zu dem zu bearbeitenden Werkstück, was insbesondere im Hinblick auf zeitraubende Einrichtvorgänge vorteilhaft ist.

[0012] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der mindestens eine Parameter die Relativlage einer Bearbeitungsspur und eines zugehörigen Krümmungsmittelpunkts umfasst. Unter einem Krümmungsmittelpunkt wird ein Bezugspunkt verstanden, aus dessen Sicht eine Bearbeitungsspur eine konkave Krümmung aufweist. Hierdurch ist es möglich, festzustellen, ob die Werkzeugachse bezogen auf eine zentrierte Soll-Position versetzt angeordnet ist, in welcher Richtung ein Versatz vorliegt und in welcher Richtung eine Korrektur der Position der Werkzeugachse erfolgen soll.

[0013] Besonders bevorzugt ist es, dass mindestens ein erster Parameter die Relativlage einer ersten Bearbeitungsspur und eines zugehörigen ersten Krümmungsmittelpunkts umfasst, und dass mindestens ein zweiter Parameter die Relativlage einer zweiten Bearbeitungsspur und eines zugehörigen zweiten Krümmungsmittelpunkts umfasst, wobei die erste Relativlage und die zweite Relativlage einander entgegengesetzt sind. Dies ermöglicht es, eine für die Rotationsfinishbearbeitung eines Werkstücks gewünschte Kreuzschliffstruktur erfassen zu können. Hierbei sind die ersten und die zweiten Bearbeitungsspuren in einander entgegengesetzten Richtungen gekrümmt, so dass sie sich miteinander kreuzen.

[0014] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der mindestens eine Parameter einen Winkel einer Bearbeitungsspur relativ zu einer Bezugsebene oder Bezugsrichtung des Werkstücks umfasst, insbesondere zu einer Rotationsebene des Werkstücks, einer zu der Rotationsebene parallelen Ebene oder einer zu der Rotationsebene senkrechten Richtung. Dies ermöglicht es beispielsweise, einen unerwünschten Versatz der Werkzeugachse in einer

zu der Rotationsachse des Werkstücks parallelen Richtung feststellen zu können.

[0015] Ferner ist es bevorzugt, wenn der mindestens eine Parameter die Existenz eines Winkel zwischen zwei sich kreuzenden Bearbeitungsspuren umfasst. Wenn ein solcher Winkel nicht ermittelbar ist, kann daraus geschlossen werden, dass einander kreuzende Bearbeitungsspuren nicht vorhanden sind und somit eine Veränderung der Position der Werkstückachse erforderlich ist.

[0016] Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der mindestens eine Parameter die Größe eines Winkels zwischen zwei sich kreuzenden Bearbeitungsspuren umfasst. Dies ermöglicht es insbesondere, zu überprüfen, ob das Verhältnis aus der Rotationsgeschwindigkeit des Finishwerkzeugs und der Rotationsgeschwindigkeit des zu bearbeitenden Werkstücks korrekt ist oder ob eine Änderung mindestens einer Rotationsgeschwindigkeit erforderlich ist. Nach Durchführung einer solchen Änderung kann geprüft werden, ob die Größe eines zwischen zwei sich kreuzenden Bearbeitungsspuren einem vorgebbaren Soll-Wert entspricht.

[0017] Insbesondere erfolgt eine Änderung einer Rotationsgeschwindigkeit des Finishwerkzeugs und/oder einer Rotationsgeschwindigkeit des zu bearbeitenden Werkstücks mittels einer Steuereinheit, welche eine Werkzeug-Antriebseinrichtung und/oder eine Werkstück-Antriebseinrichtung ansteuert. Diese Steuereinheit kann auch durch eine nachfolgend beschriebene Ansteuereinrichtung gebildet sein.

[0018] Bevorzugt ist es ferner, wenn eine Speichereinrichtung zur Speicherung mindestens eines Soll-Werts des mindestens einen Parameters vorgesehen ist. Vorzugsweise ist die Speichereinrichtung in die Auswerteeinrichtung integriert.

[0019] Es ist möglich, dass die Position der Werkzeugachse relativ zu dem bearbeitenden Werkstück eingestellt wird, indem die absolute Position der Werkzeugachse verändert wird. Alternativ oder zusätzlich hierzu ist es möglich, dass die absolute Position des Werkstücks verändert wird.

[0020] Die Ansteuereinrichtung kann zusätzlich dazu ausgebildet sein, eine Werkzeug-Antriebseinrichtung und/oder eine Werkstück-Antriebseinrichtung anzusteuern, um eine Rotationsgeschwindigkeit des Finishwerkzeugs und/oder eine Rotationsgeschwindigkeit des zu bearbeitenden Werkstücks vorzugeben.

[0021] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Einrichtung oder zum Betrieb einer Rotationsfinishvorrichtung, mit einem Finishwerkzeug in Form einer Topfscheibe, welches mittels einer Werkzeug-Antriebseinrichtung um die Werkzeugachse rotierend antreibbar ist, wobei die Position der Werkzeugachse mittels einer Einstelleinrichtung einstellbar ist.

[0022] Der vorliegenden Erfindung liegt die weitere Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, welches kurze Rüstzeiten und eine einfache Kontrolle der Fertigungsqualität einer Rotationsfinishvorrichtung ermöglicht.

[0023] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 9 gelöst.

[0024] Ausgestaltungen und Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens sind bereits vorstehend im Zusammenhang mit den Ausgestaltungen und Vorteilen der erfindungsgemäßen Rotationsfinishvorrichtung erläutert worden.

[0025] Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung einer eingangs beschriebenen Rotationsfinishvorrichtung zur Verwendung bei einem vorstehend beschriebenen Verfahren.

[0026] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung und der zeichnerischen Darstellung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels.

[0027] In den Zeichnungen zeigen:

Figur 1 eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform einer Rotationsfinishvorrichtung;

Figur 2 eine Seitenansicht der Rotationsfinishvorrichtung längs einer in Figur 3 mit II - II bezeichneten Schnittebene;

Figur 3 eine Draufsicht der Rotationsfinishvorrichtung;

Figur 4 eine Draufsicht von Teilen der Rotationsfinishvorrichtung;

Figur 5 eine Seitenansicht eines Ausschnitts der Rotationsfinishvorrichtung längs einer in Figur 4 mit V - V bezeichneten Schnittebene, mit einer Erfassungseinrichtung zur optischen Erfassung einer Werkstückoberfläche, wobei sich die Erfassungseinrichtung in einer ersten Position befindet;

Figur 6 eine der Figur 5 entsprechende Ansicht, wobei sich die Erfassungseinrichtung in einer zweiten Position befindet;

Figur 7 eine Draufsicht auf eine geschnitten dargestellte Topfscheibe der Rotationsfinishvorrichtung, welche sich in einer ersten, seitlichen versetzten Eingriffsposition mit einer Werkstückoberfläche befindet;

Figur 8 eine Seitenansicht auf die Werkstückoberfläche, welche mit der ersten Eingriffsposition korrespondierende erste Bearbeitungsspuren aufweist;

Figur 9 eine Seitenansicht auf eine Werkstückoberfläche, welche mit einer zweiten, seitlich versetzten Eingriffsposition korrespondierende

zweite Bearbeitungsspuren aufweist;

Figur 10 eine Draufsicht auf die Topfscheibe, welche sich in einer bezogen auf eine Seitenrichtung zentrierten Eingriffsposition mit der Werkstückoberfläche befindet;

Figur 11 eine Seitenansicht auf die Werkstückoberfläche, welche mit der zentrierten Eingriffsposition korrespondierende erste und zweite Bearbeitungsspuren aufweist;

Figur 12 eine Seitenansicht der Topfscheibe, welche sich in einer höhenversetzten Eingriffsposition befindet;

Figur 13 eine Seitenansicht auf die Werkstückoberfläche, welche mit der höhenversetzten Eingriffsposition korrespondierende erste und zweite Bearbeitungsspuren aufweist; und

Figur 14 eine Seitenansicht der Topfscheibe, welche sich in einer bezogen auf eine Höhenrichtung zentrierten Eingriffsposition mit der Werkstückoberfläche befindet.

[0028] Eine Ausführungsform einer Rotationsfinishvorrichtung ist in Figur 1 insgesamt mit dem Bezugszeichen 10 bezeichnet. Die Rotationsfinishvorrichtung 10 umfasst ein Maschinenbett 12 zur Anordnung einer Werkstück-Antriebseinrichtung 14 und einer Werkzeug-Antriebseinrichtung 16.

[0029] Die Werkstück-Antriebseinrichtung 14 umfasst einen Werkstückträger 18 zur Auflage eines Werkstücks 20, welches mittels der Werkstück-Antriebseinrichtung 14 um eine Rotationsachse 22 rotierend antreibbar ist.

[0030] Das Werkstück 20 ist insbesondere ringförmig und weist eine Werkstückoberfläche 24 auf, welche insbesondere nach radial innen weist und in sich gekrümmt ist. Bei dem Werkstück 20 handelt es sich insbesondere um einen Lagerring eines Wälzlagers.

[0031] Das Werkstück 20 ist um die Achse 22 rotatorisch angetrieben und rotiert innerhalb einer Rotationsebene 26. Um die Position des Werkstück 20 innerhalb der Rotationsebene 26 festzulegen, sind insgesamt drei Einstelleinrichtungen 28, 30 und 32 (vergleiche auch Figur 3) vorgesehen. Die Einstelleinrichtungen 28, 30 und 32 weisen jeweils eine Andrückrolle 34, 36, 38 auf, welche bezogen auf die Werkstückachse 22 in radialen Richtungen in ihrer Position einstellbar sind. Hierfür weisen die Einstelleinrichtungen 28, 30, und 32 entsprechende Einstelleinrichtungsantriebe 40, 42 bzw. 44 auf.

[0032] Die Werkzeug-Antriebseinrichtung 16 dient zum Antrieb eines Finishwerkzeugs 46, welches um eine Werkzeugachse 48 rotierend antreibbar ist.

[0033] Die Werkzeug-Antriebseinrichtung 16 umfasst einen Schlitten 50, welcher mittels einer Einstelleinrichtung 51 entlang einer ersten Verfahrachse 52 verfahrbar ist und mittels einer ersten Führungseinrichtung 55 an dem Maschinenbett 12 gelagert ist. Der Schlitten 50 dient zur Anordnung eines Antriebsmotors 53, mittels welchem ein Antriebsrad 54 rotierend antreibbar ist. Das Antriebsrad 54 dient zum Antrieb eines Antriebsriemens 56, welcher wiederum zum Antrieb eines Abtriebsrads 58 dient. Das Abtriebsrad 58 ist um die Werkzeugachse 48 rotierend antreibbar.

[0034] Die Werkzeug-Antriebseinrichtung 16 ist entlang einer zweiten Verfahrachse 60 verfahrbar. Hierfür sind eine Einstelleinrichtung 62 sowie eine zweite Führungseinrichtung 64 vorgesehen.

[0035] Die erste Verfahrachse 52 und die zweite Verfahrachse 60 sind insbesondere zueinander senkrecht. Bei der ersten Verfahrachse 52 handelt es sich beispielsweise um eine X-Achse der Rotationsfinishvorrichtung 10. Bei der zweiten Verfahrachse handelt es sich beispielsweise um eine Z-Achse der Rotationsfinishvorrichtung 10.

[0036] Die Rotationsfinishvorrichtung umfasst vorzugsweise weiterhin eine (aus Übersichtsgründen) nicht dargestellte Andrückeinrichtung, welche Andrückrollen aufweist, die auf den in der Zeichnung oberen Rand 66 des Werkstücks 20 drücken und somit das Werkstück 20 gegen den Werkstückträger 18. Eine solche Andrückeinrichtung ist an sich bekannt und wird daher nicht näher erläutert. Alternativ oder ergänzend zu einer Andrückeinrichtung kann auch ein magnetischer Werkstückträger 18 vorgesehen sein, der insbesondere als Magnetplanscheibe ausgebildet ist.

[0037] Unter weiterer Bezugnahme auf die Figur 4 ist das Werkzeug 46 in Form einer Topfscheibe 68 ausgebildet, welche eine ringförmige Wirkfläche 70 zur finishenden Bearbeitung der Werkstückoberfläche 24 aufweist.

[0038] Die Topfscheibe 68 ist mit einer Spindel 72 drehfest verbunden, welche in einem Spindelgehäuse 74 gelagert ist. Die Spindel 72 ist mittels des Abtriebsrads 58 des Antriebsriemens 56 rotierend antreibbar.

[0039] Die Rotationsfinishvorrichtung 10 umfasst weiterhin eine Erfassungseinrichtung 76, welche als optisches System und insbesondere in Form einer Kamera oder eines Endoskops ausgebildet ist, und welche dazu dient, den Ist-Zustand der zu bearbeitenden Werkstückoberfläche 24 optisch zu erfassen. Die hierdurch gewonnenen optischen Daten sind mittels einer Auswerteeinheit 78 auswertbar.

[0040] Die Erfassungseinrichtung kann alternativ oder zusätzlich zu einer Kamera oder einem Endoskop auch ein Streulichtmesssystem umfassen. Mit einem solchen System wird die Werkstückoberfläche 24 abschnittsweise beleuchtet und die von der Werkstückoberfläche 24 zurückgestreute Strahlung von einer Messoptik auf eine Diodenzelle gelenkt.

[0041] Die Auswerteeinheit 78 umfasst eine Speichereinrichtung 80, in welcher Soll-Werte hinterlegt sind. Diese dienen zum Vergleich mit aus den Ist-Zuständen gewonnenen Ist-Werten von nachstehend erläuterten Pa-

rametern.

[0042] Die Auswerteeinheit 78 ist mit einer Ansteuereinrichtung 82 gekoppelt, welche vorzugsweise zur Ansteuerung mindestens einer der Einstelleinrichtungen 28, 30, 32, 51 und 62, insbesondere aller Einstelleinrichtungen 28, 30, 32, 51 und 62, dient. Zusätzlich oder alternativ hierzu dient die Ansteuereinrichtung 82 zur Ansteuerung der Werkstück-Antriebseinrichtung 14 und/oder der Werkzeug-Antriebseinrichtung 16 zur Einstellung einer Rotationsgeschwindigkeit des Finishwerkzeugs 46 und/oder des Werkstücks 20.

[0043] Unter weiterer Bezugnahme auf die Figuren 5 und 6 weist die Erfassungseinrichtung 76 einen optischen Sensor 84 auf, dessen Lage relativ zu der Werkstückoberfläche 24 in zueinander senkrechten Einstellrichtungen 86 und 88 einstellbar ist. Hierdurch ist es möglich, jeweils einen Abschnitt 90 der Werkstückoberfläche 24 optisch erfassen zu können.

[0044] Bei der rotationsfinishenden Bearbeitung der Werkstückoberfläche 24 ist angestrebt, dass die Wirkfläche 70 in einem möglichst vollflächigen Kontakt mit der Werkstückoberfläche 24 steht. Dies ist dann der Fall, wenn die Werkzeugachse 48 und eine bezogen auf die Werkstückoberfläche 24 radiale Richtung 92 (vergleiche Figur 7) miteinander übereinstimmen. Die radiale Richtung 92 entspricht der Achse einer Kugel, wobei die Werkstückoberfläche 24 Teil der Oberfläche dieser Kugel ist.

[0045] In der Figur 7 ist ein Fall dargestellt, bei welchem die radiale Richtung 92 und die Werkzeugachse 48 relativ zueinander versetzt sind. Dies führt dazu, dass die Wirkfläche 70 jeweils nur mit einem Teilabschnitt in Wirkeingriff mit der Werkstückoberfläche 24 steht. Bei der in Figur 7 dargestellten Konstellation ist die Werkzeugachse 48 rechts von der radialen Richtung 92 angeordnet. Dies führt dazu, dass lediglich ein aus einer rückwärtigen Perspektive der Topfscheibe 68 gesehen rechter Abschnitt der Wirkfläche 70 in Eingriff mit der Werkstückoberfläche 24 gelangt. Dies hat zur Folge, dass in Figur 8 dargestellte erste Bearbeitungsspuren 94 erzeugt werden. Diese Bearbeitungsspuren sind gekrümmt, und zwar in Richtung auf einen Krümmungsmittelpunkt 96, welcher bezogen auf die Bearbeitungsspuren 94 links von den Bearbeitungsspuren 94 angeordnet ist.

[0046] Das in Figur 8 dargestellte Schliffbild wird auch als "Strahlenschliff" bezeichnet.

[0047] Für den Fall, dass die radiale Richtung 92 und die Werkzeugachse 48 bezogen auf die in Figur 7 dargestellte Anordnung eine entgegengesetzte Relativlage aufweisen, wird ein in Figur 9 dargestelltes Schliffbild erzeugt, bei welchem zweite Bearbeitungsspuren 98 in Richtung auf einen zweiten Krümmungsmittelpunkt 100 gekrümmt sind. Der zweite Krümmungsmittelpunkt 100 ist bezogen auf die zweite Bearbeitungsspur 98 rechts von der Bearbeitungsspur 98 angeordnet.

[0048] Die Erfassungseinrichtung 76 ermöglicht es nun, den Figuren 8 und 9 entsprechende Ist-Zustände der Werkstückoberfläche 24 erfassen zu können. Mittels der Auswerteeinheit 78 kann die Relativlage zwischen einer Bearbeitungsspur 94, 98 und eines jeweils zugehörigen Krümmungsmittelpunkts 96, 100 festgestellt werden. Dies ermöglicht es, die Relativlage zwischen der Werkzeugachse 48 und der radialen Richtung 92 des Werkstücks 20 so zu verändern, dass diese miteinander in Überdeckungslage gebracht werden. Praktisch erfolgt dies mittels der Ansteuereinrichtung 82, welche die Einstelleinrichtungen 30 und 32 so ansteuert, dass die Position des Werkstücks 20 und somit der radialen Richtung 92 verschoben wird. Alternativ oder ergänzend hierzu ist es auch möglich, die absolute Lage der Werkzeugachse 48 zu verändern, beispielsweise durch Veränderung der Lage des Spindelgehäuses 74.

[0049] In Figur 10 ist ein Zustand dargestellt, bei welchem die Werkzeugachse 48 und die radiale Richtung 92 des Werkstücks 20 miteinander in Überdeckungslage gebracht sind. Dies führt dazu, dass die ringförmige Wirkfläche 70 der Topfscheibe 68 mit einer Hauptschneide 70a und mit einer Nebenschneide 70b in Eingriff mit der Werkstückoberfläche 24 steht. Hierdurch wird ein in Figur 11 dargestelltes Schliffbild erzeugt, welches als "Kreuzschliff" bezeichnet wird. Dieses Schliffbild weist erste Bearbeitungsspuren 94 und entgegengesetzt gekrümmte zweite Bearbeitungsspuren 98 auf. Die Bearbeitungsspuren 94 und 98 kreuzen sich und schließen zwischen sich einen Winkel 102 ein. Die Existenz eines solchen Winkels ist ein Parameter dafür, ob die Wirkfläche 70 mit der Hauptschneide 70a und der Nebenschneide 70b mit der Werkstückoberfläche 24 in Kontakt steht. Die Größe des Winkels 102 ist ein Parameter dafür, ob das Verhältnis der Rotationsgeschwindigkeiten der Topfscheibe 68 (und somit der Wirkfläche 70) und des Werkstücks 20 in einem korrekten Verhältnis zueinander stehen.

[0050] Unter weiterer Bezugnahme auf Figur 12 ist es auch möglich, dass die Werkzeugachse 48 und die Rotationsebene 26 des Werkstücks 20 relativ zueinander versetzt sind. Dies hat ein in Figur 13 beispielhaft dargestelltes Schliffbild zur Folge, sofern die Werkzeugachse 48 und eine radiale Richtung 92 des Werkstücks 20 miteinander übereinstimmen. Hierbei liegen zwar sich kreuzende Bearbeitungsspuren 94 und 98 vor, jedoch liegen die jeweils zugeordneten Krümmungsmittelpunkte 96 beziehungsweise 100 in einer Ebene, welche mehr als ein vorgebbares oder vorgegebenes zulässiges Maß relativ zu der Rotationsebene 26 versetzt ist. Dieser Versatz kann mit Hilfe der Erfassungseinrichtung 76 und mit Hilfe der Auswerteeinheit 78 erkannt werden.

[0051] Eine weitere Möglichkeit besteht darin, auf Höhe der Rotationsebene 26 einen Winkel 103 zu erfassen, welcher zwischen einer Bearbeitungsspur 94 und der Rotationsebene 26 vorliegt. Der Winkel 103 ist abhängig von dem Verhältnis einer ersten Bewegungsgeschwindigkeit der Wirkfläche 70 der Topfscheibe 68 und einer zweiten Bewegungsgeschwindigkeit der Werkstückoberfläche 24. Die erste Bewegungsgeschwindigkeit ist durch die Geometrie der Wirkfläche 70 und durch die

Rotationsgeschwindigkeit der Topfscheibe 68 um die Werkzeugachse 48 bestimmt. Die zweite Bewegungsgeschwindigkeit ist durch Geometrie der Werkstückoberfläche 24 und durch die Rotationsgeschwindigkeit des Werkstücks 20 um die Werkstückachse 22 bestimmt. Für ein hohes Verhältnis von erster zu zweiter Bewegungsgeschwindigkeit (beispielsweise 10:1 oder größer) ist der Winkel 103 in etwa senkrecht. Weicht der Winkel 103 mehr als ein vorgebbares oder vorgegebenes Maß von einem senkrechten Winkel ab, kann auf einen unerwünschten Höhenversatz der Werkzeugachse 48 und der Rotationsebene 26 geschlossen werden.

[0052] Eine weitere Möglichkeit besteht darin, insbesondere für den Fall, dass das Werkstück 20 bezogen auf die Rotationsebene 26 spiegelsymmetrisch ausgebildet ist, Winkel 104 und 106 miteinander zu vergleichen, die zwischen einer Bearbeitungsspur 98 und einer Oberflächenberandung 108 beziehungsweise 110 eingeschlossen sind. Die Oberflächenberandungen 108 und 110 erstrecken sich jeweils in zu der Rotationsebene parallelen Ebenen. Für ein vorstehend definiertes hohes Verhältnis von erster zu zweiter Bewegungsgeschwindigkeit sind die Winkel 104 und 106 zumindest in etwa gleich groß. Weichen die Winkel 104 und 106 mehr als ein vorgebbares oder vorgegebenes Maß voneinander ab, kann auf einen Höhenversatz zwischen der Werkzeugachse 48 und der Rotationsebene 26 geschlossen werden. Alternativ oder zusätzlich zu einem Vergleich der Winkel 104 und 106 können die Winkel 104 und/oder 106 auch unabhängig voneinander ausgewertet werden.

[0053] In Abhängigkeit der Richtung des Höhenversatzes erfolgt mittels der Ansteuereinrichtung 82 eine Ansteuerung der Einstelleinrichtung 62, bis die Werkzeugachse 48 in Überdeckungslage mit der Rotationsebene 26 gebracht ist, vergleiche Figur 14. In dieser Position der Werkzeugachse 48 wird ein in Figur 11 dargestelltes Soll-Schliffbild erzeugt.

[0054] Darüber hinaus ist es möglich, mindestens einen der erfassten Ist-Winkel 102, 103, 104, 106 mit mindestens einem in der Speichereinrichtung 80 hinterlegten SollWinkel zu vergleichen und in Abhängigkeit des Vergleichs eine Rotationsgeschwindigkeit der Werkstück-Antriebseinrichtung 14 und/oder der Werkzeug-Antriebseinrichtung 16 zu verändern. Eine solche Veränderung kann durch eine in der Zeichnung nicht dargestellte Steuereinheit oder mittels der Ansteuereinrichtung 82 durchgeführt werden.

Patentansprüche

1. Rotationsfinishvorrichtung (10), mit einem Finishwerkzeug (46) in Form einer Topfscheibe (68), welches mittels einer Werkzeug-Antriebseinrichtung (16) um eine Werkzeugachse (48) rotierend antreibbar ist, wobei die Position der Werkzeugachse (48) relativ zu einem zu bearbeitenden Werkstück (20) mittels einer Einstelleinrichtung (28, 30, 32, 51, 62) einstellbar ist, **gekennzeichnet durch** eine Erfassungseinrichtung (76) in Form eines optischen Systems zur Erfassung des Ist-Zustands von mindestens einer mittels des Finishwerkzeugs (46) auf einer Werkstückoberfläche (24) erzeugbaren oder erzeugten Bearbeitungsspur (94, 98), **durch** eine Auswerteeinheit (78) zur Auswertung des erfassten Ist-Zustands im Hinblick auf den Ist-Wert mindestens eines Parameters, der eine Krümmungseigenschaft des Verlaufs mindestens einer Bearbeitungsspur (94, 98) auf der Werkstückoberfläche betrifft, und **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Ansteuereinrichtung (82) vorgesehen ist, mittels welcher die Einstelleinrichtung (28, 30, 32, 51, 62) in Abhängigkeit des Ist-Werts und mindestens eines Soll-Werts ansteuerbar ist.

2. Rotationsfinishvorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Parameter die Relativlage einer Bearbeitungsspur (94, 98) und eines zugehörigen Krümmungsmittelpunkts (96, 100) umfasst.

3. Rotationsfinishvorrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein erster Parameter die Relativlage einer ersten Bearbeitungsspur (94) und eines zugehörigen ersten Krümmungsmittelpunkts (96) umfasst und dass mindestens ein zweiter Parameter die Relativlage einer zweiten Bearbeitungsspur (98) und eines zugehörigen zweiten Krümmungsmittelpunkts (100) umfasst, wobei die erste Relativlage und die zweite Relativlage einander entgegengesetzt sind.

4. Rotationsfinishvorrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Parameter einen Winkel (103, 104, 106) einer Bearbeitungsspur (94) relativ zu einer Bezugsebene oder Bezugsrichtung des Werkstücks (20) umfasst, insbesondere zu einer Rotationsebene (26) des Werkstücks (20), einer zu der Rotationsebene (26) parallelen Ebene oder einer zu der Rotationsebene (26) senkrechten Richtung.

5. Rotationsfinishvorrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Parameter die Existenz eines Winkels (102) zwischen zwei sich kreuzenden Bearbeitungsspuren (94, 98) umfasst.

6. Rotationsfinishvorrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Parameter die Größe eines Winkels (102) zwischen zwei sich kreuzenden Bearbeitungsspuren (94, 98) umfasst.

7. Rotationsfinishvorrichtung (10) nach einem der vor-

anstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Speichereinrichtung (80) zur Speicherung mindestens eines Soll-Werts des mindestens einen Parameters.

8. Rotationsfinishvorrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einstelleinrichtung (28, 30, 32, 51, 62) in Abhängigkeit eines Vergleichs des Ist-Werts und des mindestens einen Soll-Werts ansteuerbar ist.

9. Verfahren zur Einrichtung oder zum Betrieb einer Rotationsfinishvorrichtung (10), mit einem Finishwerkzeug (46) in Form einer Topfscheibe (68), welches mittels einer Werkzeug-Antriebseinrichtung (16) um die Werkzeugachse (48) rotierend antreibbar ist, wobei die Position der Werkzeugachse (48) relativ zu einem zu bearbeitenden Werkstück (20) mittels einer Einstelleinrichtung (28, 30, 32, 51, 62) einstellbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Ist-Zustand mindestens einer mittels des Finishwerkzeugs (46) auf einer Werkstückoberfläche (24) erzeugten Bearbeitungsspur (94, 98) optisch erfasst wird, dass der erfasste Ist-Zustand im Hinblick auf den Ist-Wert mindestens eines Parameters, der eine Krümmungseigenschaft des Verlaufs mindestens einer Bearbeitungsspur (94, 98) auf der Werkstückoberfläche (24) betrifft, ausgewertet wird, und dass die Einstelleinrichtung (28, 30, 32, 51, 62) in Abhängigkeit des Ist-Werts und eines Soll-Werts des mindestens einen Parameters angesteuert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Parameter die Relativlage einer Bearbeitungsspur (94, 98) und eines zugehörigen Krümmungsmittelpunkts (96, 100) umfasst.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein erster Parameter die Relativlage einer ersten Bearbeitungsspur (94) und eines zugehörigen ersten Krümmungsmittelpunkts (96) umfasst und dass mindestens ein zweiter Parameter die Relativlage einer zweiten Bearbeitungsspur (98) und eines zugehörigen zweiten Krümmungsmittelpunkts (100) umfasst, wobei die erste Relativlage und die zweite Relativlage einander entgegengesetzt sind.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Parameter einen Winkel (103, 104, 106) einer Bearbeitungsspur (94) relativ zu einer Bezugsebene oder Bezugsrichtung des Werkstücks (20) umfasst, insbesondere zu einer Rotationsebene (26) des Werkstücks (20), einer zu der Rotationsebene (26) parallelen Ebene oder einer zu der Rotationsebene (26) senkrechten Richtung.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Parameter die Existenz eines Winkels (102) zwischen zwei sich kreuzenden Bearbeitungsspuren (94, 98) umfasst.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Parameter die Größe eines Winkels (102) zwischen zwei sich kreuzenden Bearbeitungsspuren (94, 98) umfasst.

15. Verwendung einer Rotationsfinishvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 9 bis 14.

Claims

1. A rotation finishing device (10), having a finishing tool (46) in the form of a cup wheel (68), which is driven by a tool driving device (16) so as to rotate about a tool axis (48), whereby the position of the tool axis (48) is adjusted by an adjusting device (28, 30, 32, 51, 62) relative to a work piece (20) that is being processed, **characterized by** a detection device (76) in the form of an optical system for detecting the actual condition of at least one processing track (94, 98) that is or can be generated on a work piece surface (24) using the finishing tool (46); by an evaluating unit (78) for evaluating the detected actual condition with regard to the actual value of at least one parameter, which relates to the curvature property of at least one processing track (94, 98) on the work piece surface; and by the provision of a drive device (82), which can drive the adjusting device (28, 30, 32, 51, 62) as a function of the actual value and at least one nominal value.

2. The rotation finishing device (10) as recited in Claim 1, wherein the at least one parameter includes the relative position of a processing track (94, 98) and of an associated center of curvature (96, 100).

3. The rotation finishing device (10) as recited in any of the preceding claims, wherein at least one first parameter includes the relative position of a first processing track (94) and of an associated first center of curvature (96) and that at least one second parameter includes the relative position of a second processing track (98) and of an associated second center of curvature (100), whereby the first relative position and the second relative position are the reverse of each other.

4. The rotation finishing device (10) as recited in any of the preceding claims, wherein the at least one

parameter includes an angle (103, 104, 106) of a processing track (94) relative to a reference plane or reference direction of the work piece (20), in particular to a rotational plane (26) of the work piece (20), a plane that is parallel to the rotational plane (26) or a direction that is perpendicular to the rotational plane (26).

5. The rotation finishing device (10) as recited in any of the preceding claims, wherein the at least one parameter includes the existence of an angle (102) between two intersecting processing tracks (94, 98).

6. The rotation finishing device (10) as recited in any of the preceding claims, wherein the at least one parameter includes the size of an angle (102) between two intersecting processing tracks (94, 98).

7. The rotation finishing device (10) as recited in any of the preceding claims, **characterized by** a storage device (80) for storing at least one nominal value of the at least one parameter.

8. The rotation finishing device (10) as recited in any of the preceding claims, wherein the adjusting device (28, 30, 32, 51, 62) is driven as a function of a comparison of the actual value and the at least one nominal value.

9. A method for installing or operating a rotation finishing device (10), having a finishing tool (46) in the form of a cup wheel (68), which can be driven by a tool driving device (16) so as to rotate about the tool axis (48), whereby the position of the tool axis (48) can be adjusted by an adjusting device (28, 30, 32, 51, 62) relative to a work piece (20) that is being processed, wherein an actual condition of at least one processing track (94, 98) that has been generated on a work piece surface (24) by the finishing tool (46) is optically detected; the detected actual condition is evaluated with respect to the actual value of at least one parameter, which relates to a curvature property of at least one processing track (94, 98) on the work piece surface (24); and the adjusting device (28, 30, 32, 51, 62) is driven as a function of the actual value and of a nominal value of the at least one parameter.

10. The method as recited in Claim 9, wherein the at least one parameter includes the relative position of a processing track (94, 98) and of an associated center of curvature (96, 100).

11. The method as recited in Claim 9 or 10, wherein at least one first parameter includes the relative position of a first processing track (94) and of an associated first center of curvature (96) and that at least one second parameter includes the relative position of a second processing track (98) and of an associated second center of curvature (100), whereby the first relative position and the second relative position are the reverse of each other.

12. The method as recited in any of Claims 9 to 11, wherein the at least one parameter includes an angle (103, 104, 106) of a processing track (94) relative to a reference plane or a reference direction of the work piece (20), in particular relative to a rotational plane (26) of the work piece (20), a plane that is parallel to the rotational plane (26), or a direction that is perpendicular to the rotational plane (26).

13. The method as recited in any of Claims 9 to 12, wherein the at least one parameter includes the existence of an angle (102) between two intersecting processing tracks (94, 98).

14. The method as recited in any of Claims 9 to 13, wherein the at least one parameter includes the size of an angle (102) between two intersecting processing tracks (94, 98).

15. A use of a rotation finishing device (10) as recited in any of Claims 1 to 8 for carrying out a method as recited in any of Claims 9 to 14.

Revendications

1. Dispositif de finition rotatif (10), comprenant un outil de finition (46) sous forme d'une meule-boisseau (68), qui est apte à être entraîné à rotation autour d'un axe d'outil (48) au moyen d'un dispositif d'entraînement d'outil (16), la position de l'axe d'outil (48) par rapport à une pièce à usiner (20) pouvant être réglée par l'intermédiaire d'un dispositif de réglage (28, 30, 32, 51, 62), **caractérisé par** un dispositif de détection (76) sous forme d'un système optique destiné à détecter l'état réel d'au moins une trace d'usinage (94, 98) apte à être générée ou générée sur une surface de pièce (24) au moyen de l'outil de finition (46), par une unité d'évaluation (78) destinée à évaluer ledit état réel détecté par égard à la valeur réelle d'au moins un paramètre qui concerne une propriété de courbure de l'allure d'au moins une trace d'usinage (94, 98) sur la surface de la pièce, et **caractérisé par le fait qu'**un dispositif de commande (82) est prévu au moyen duquel ledit dispositif de réglage (28, 30, 32, 51, 62) peut être commandé en fonction de la valeur réelle et d'au moins une valeur de consigne.

2. Dispositif de finition rotatif (10) selon la revendication 1, **caractérisé par le fait que** ledit au moins un paramètre comprend la position relative d'une trace d'usinage (94, 98) et d'un point central de courbure

(96, 100) associé.

3. Dispositif de finition rotatif (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par le fait qu'**au moins un premier paramètre comprend la position relative d'une première trace d'usinage (94) et d'un premier point central de courbure (96) associé et qu'au moins un deuxième paramètre comprend la position relative d'une deuxième trace d'usinage (98) et d'un deuxième point central de courbure (100) associé, la première position relative et la deuxième position relative étant opposées l'une à l'autre.

4. Dispositif de finition rotatif (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** ledit au moins un paramètre comprend un angle (103, 104, 106) d'une trace d'usinage (94) par rapport à un plan de référence ou une direction de référence de ladite pièce (20), en particulier par rapport à un plan de rotation (26) de la pièce (20), à un plan parallèle audit plan de rotation (26) ou à une direction perpendiculaire au plan de rotation (26).

5. Dispositif de finition rotatif (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** ledit au moins un paramètre comprend l'existence d'un angle (102) entre deux traces d'usinage (94, 98) qui se coupent.

6. Dispositif de finition rotatif (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** ledit au moins un paramètre comprend la taille d'un angle (102) entre deux traces d'usinage (94, 98) qui se coupent.

7. Dispositif de finition rotatif (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** un dispositif de mémorisation (80) destiné à mémoriser au moins une valeur de consigne dudit au moins un paramètre.

8. Dispositif de finition rotatif (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** ledit dispositif de réglage (28, 30, 32, 51, 62) peut être commandé en fonction d'une comparaison faite entre la valeur réelle et ladite au moins une valeur de consigne.

9. Procédé d'ajustage ou de fonctionnement d'un dispositif de finition rotatif (10) comprenant un outil de finition (46) sous forme d'une meule-boisseau (68), qui est apte à être entraîné à rotation autour de l'axe d'outil (48) au moyen d'un dispositif d'entraînement d'outil (16), la position de l'axe d'outil (48) par rapport à une pièce à usiner (20) pouvant être réglée par l'intermédiaire d'un dispositif de réglage (28, 30, 32, 51, 62), **caractérisé par le fait qu'**un état réel d'au moins une trace d'usinage (94, 98) générée sur une surface de pièce (24) au moyen de l'outil de finition (46) est détecté de façon optique, que ledit état réel détecté est évalué par égard à la valeur réelle d'au moins un paramètre qui concerne une propriété de courbure de l'allure d'au moins une trace d'usinage (94, 98) sur la surface de pièce (24), et que ledit dispositif de réglage (28, 30, 32, 51, 62) est commandé en fonction de la valeur réelle et d'une valeur de consigne dudit au moins un paramètre.

10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé par le fait que** ledit au moins un paramètre comprend la position relative d'une trace d'usinage (94, 98) et d'un point central de courbure (96, 100) associé.

11. Procédé selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé par le fait qu'**au moins un premier paramètre comprend la position relative d'une première trace d'usinage (94) et d'un premier point central de courbure (96) associé et qu'au moins un deuxième paramètre comprend la position relative d'une deuxième trace d'usinage (98) et d'un deuxième point central de courbure (100) associé, la première position relative et la deuxième position relative étant opposées l'une à l'autre.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, **caractérisé par le fait que** ledit au moins un paramètre comprend un angle (103, 104, 106) d'une trace d'usinage (94) par rapport à un plan de référence ou une direction de référence de ladite pièce (20), en particulier par rapport à un plan de rotation (26) de la pièce (20), à un plan parallèle audit plan de rotation (26) ou à une direction perpendiculaire au plan de rotation (26).

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, **caractérisé par le fait que** ledit au moins un paramètre comprend l'existence d'un angle (102) entre deux traces d'usinage (94, 98) qui se coupent.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, **caractérisé par le fait que** ledit au moins un paramètre comprend la taille d'un angle (102) entre deux traces d'usinage (94, 98) qui se coupent.

15. Utilisation d'un dispositif de finition rotatif (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 14.

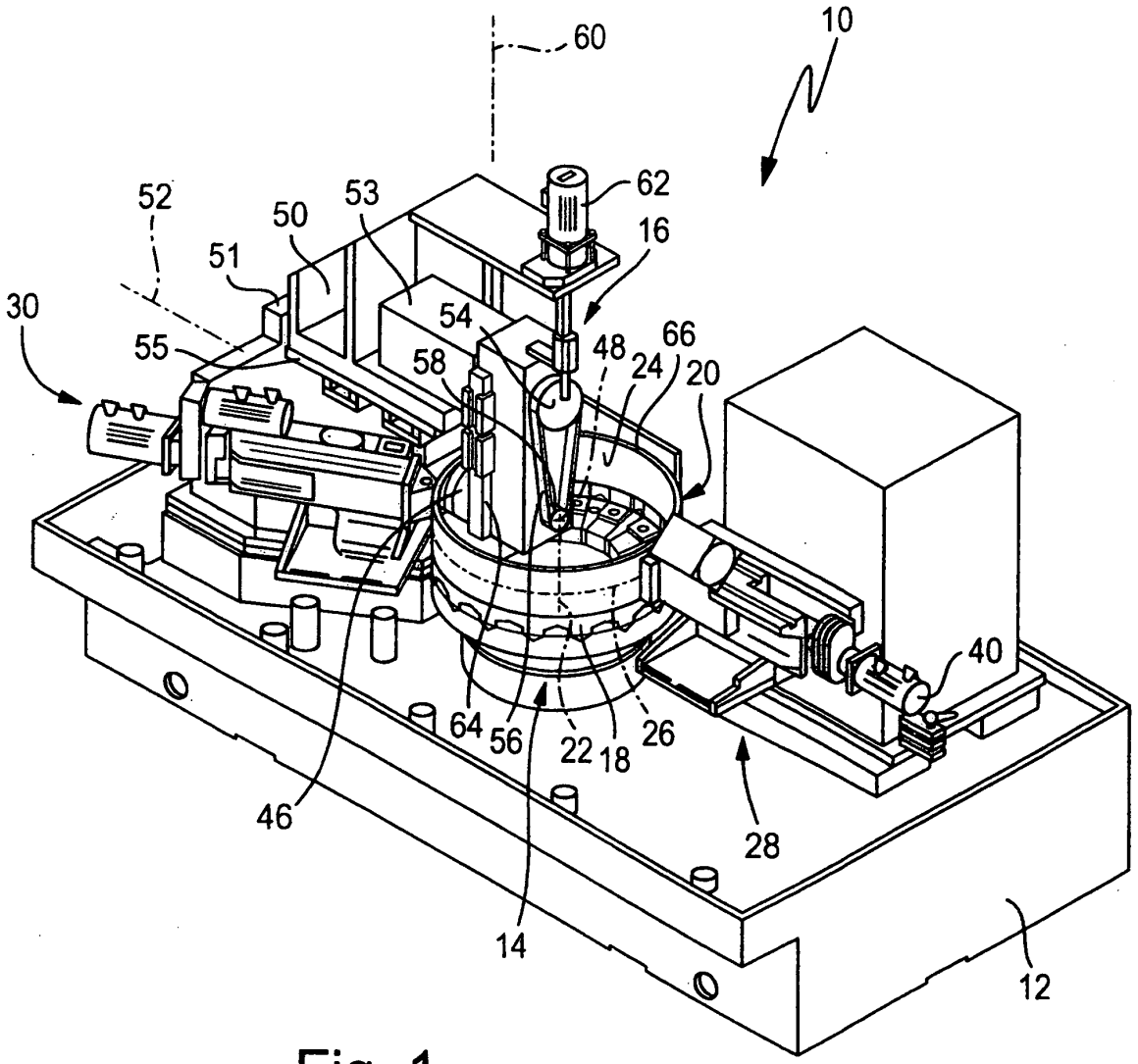

60
10
52
50
53
62
16
51
30
54
55
58
48
66
24
20
40
64
56
22
18
26
46
28
14
12

Fig. 1

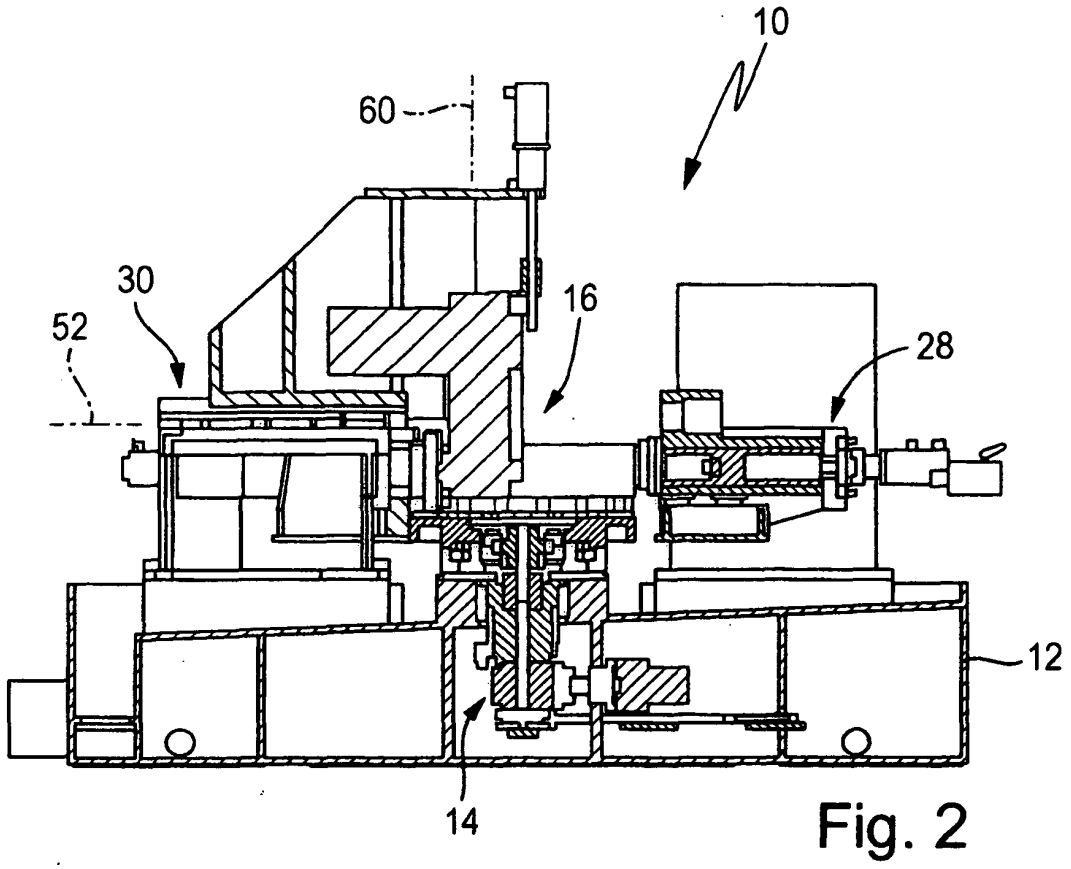


Fig. 2

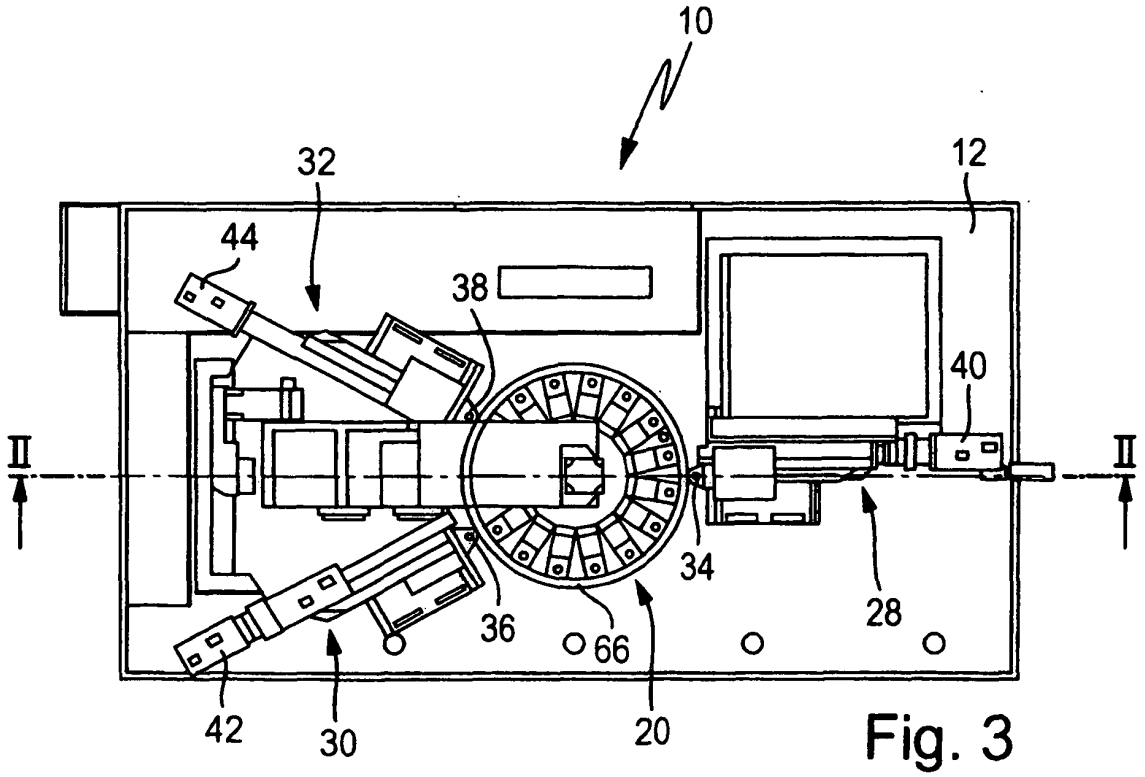


Fig. 3

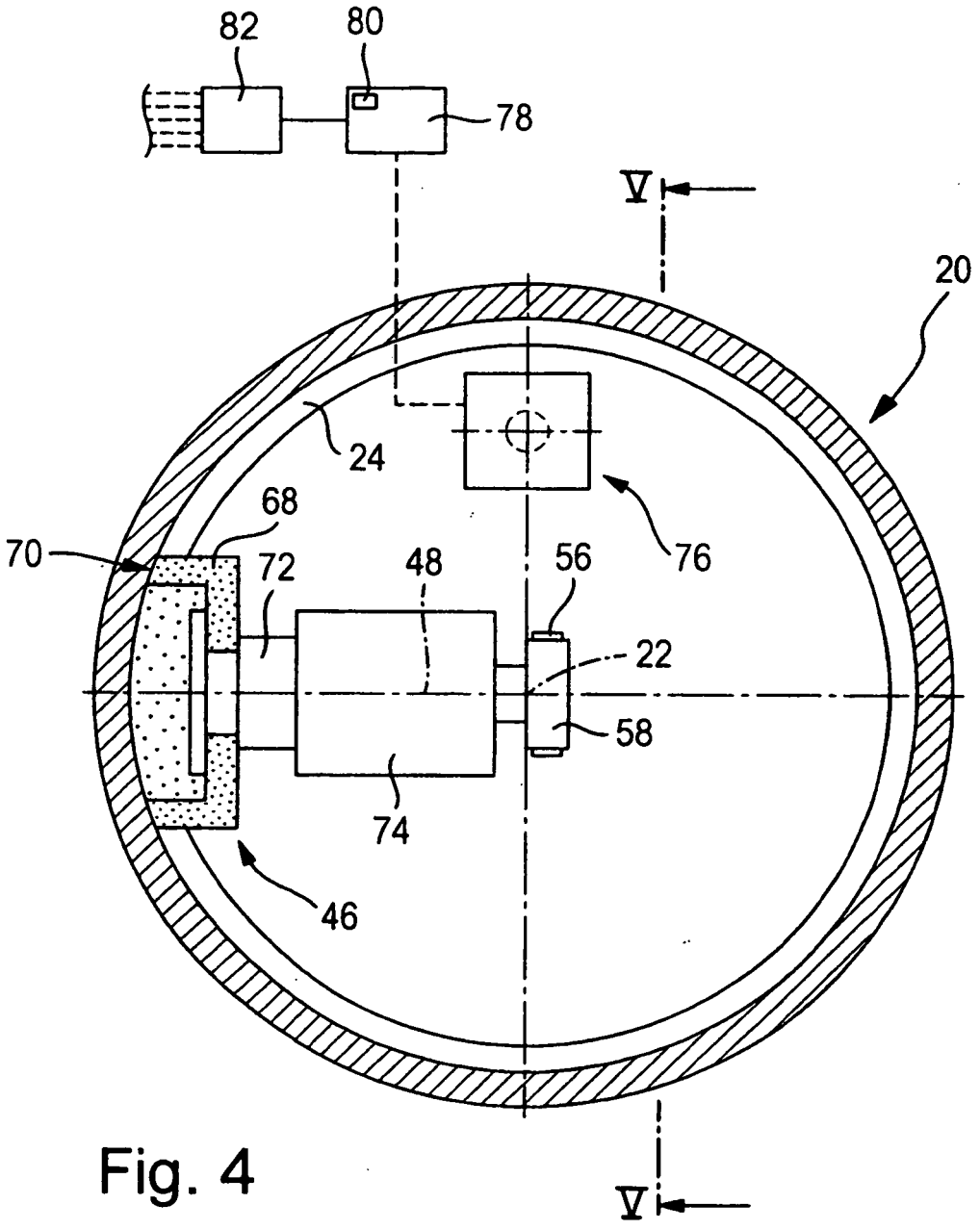


Fig. 4

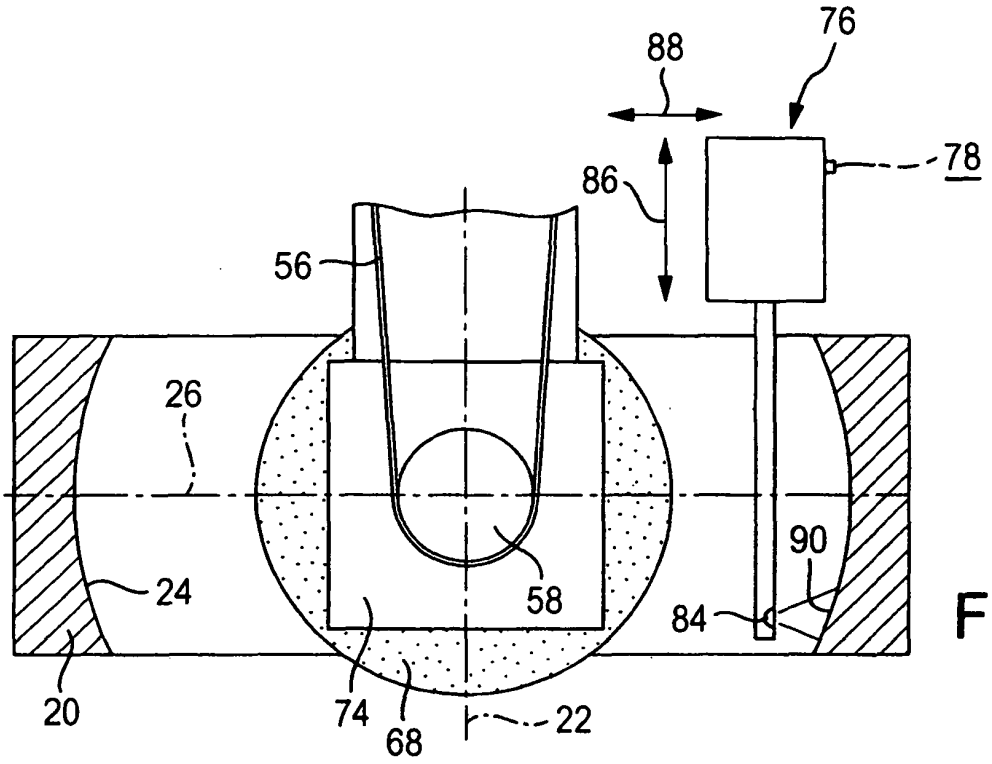

88
76
78
86
56
26
24
58
90
84
20
74
68
22

Fig. 5

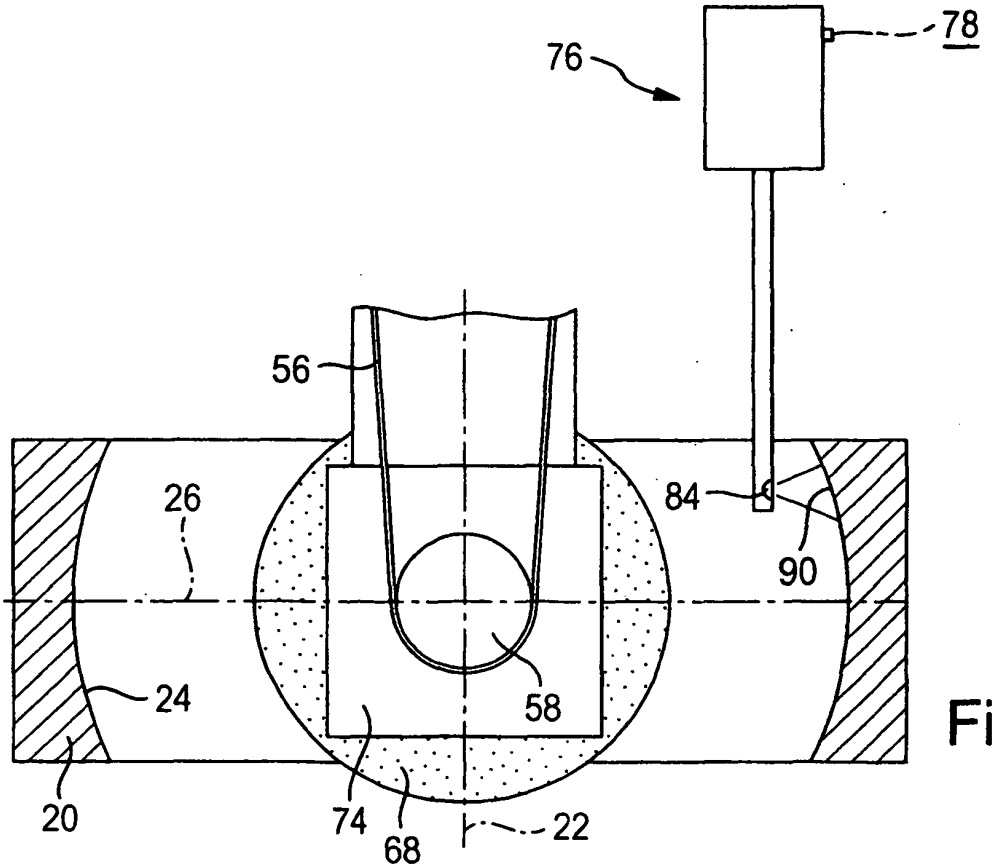

76
78
56
26
84
90
24
58
20
74
68
22

Fig. 6

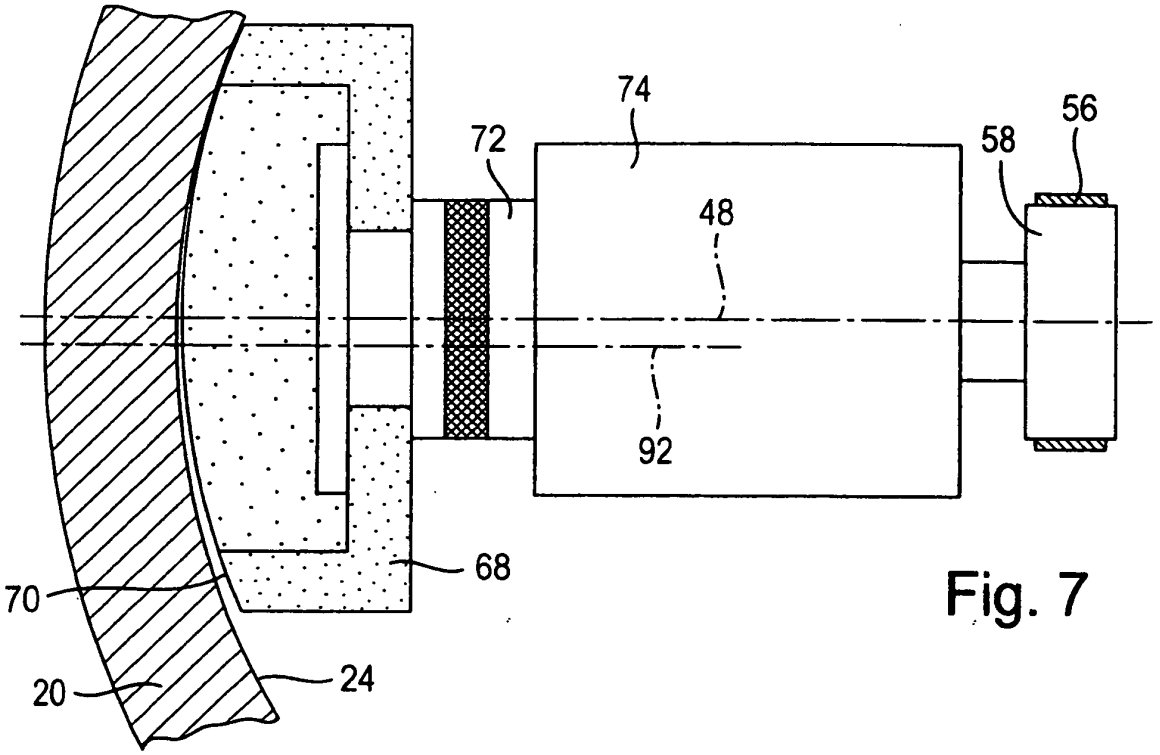


Fig. 7

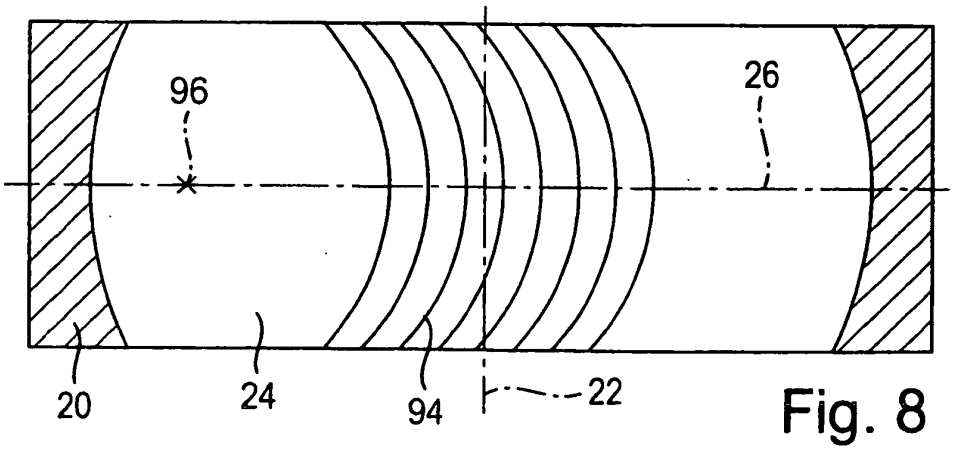


Fig. 8

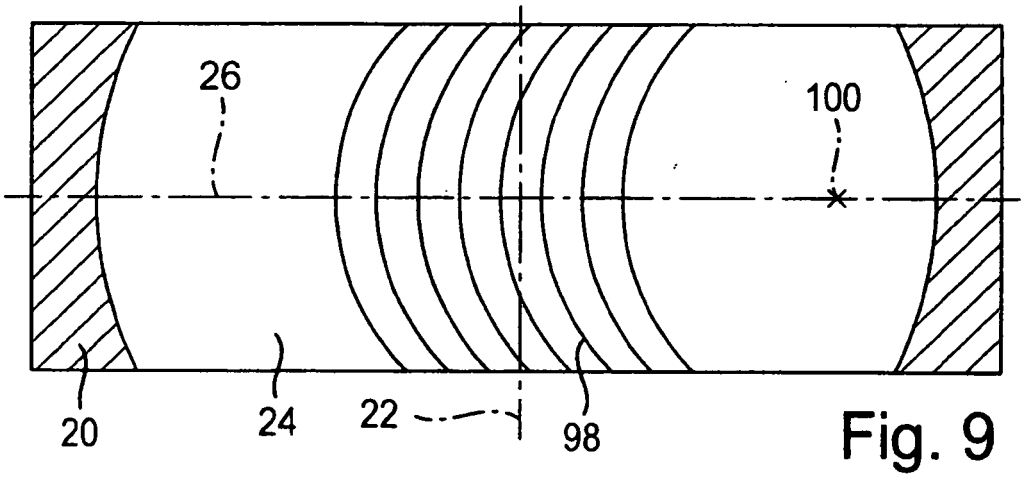


Fig. 9

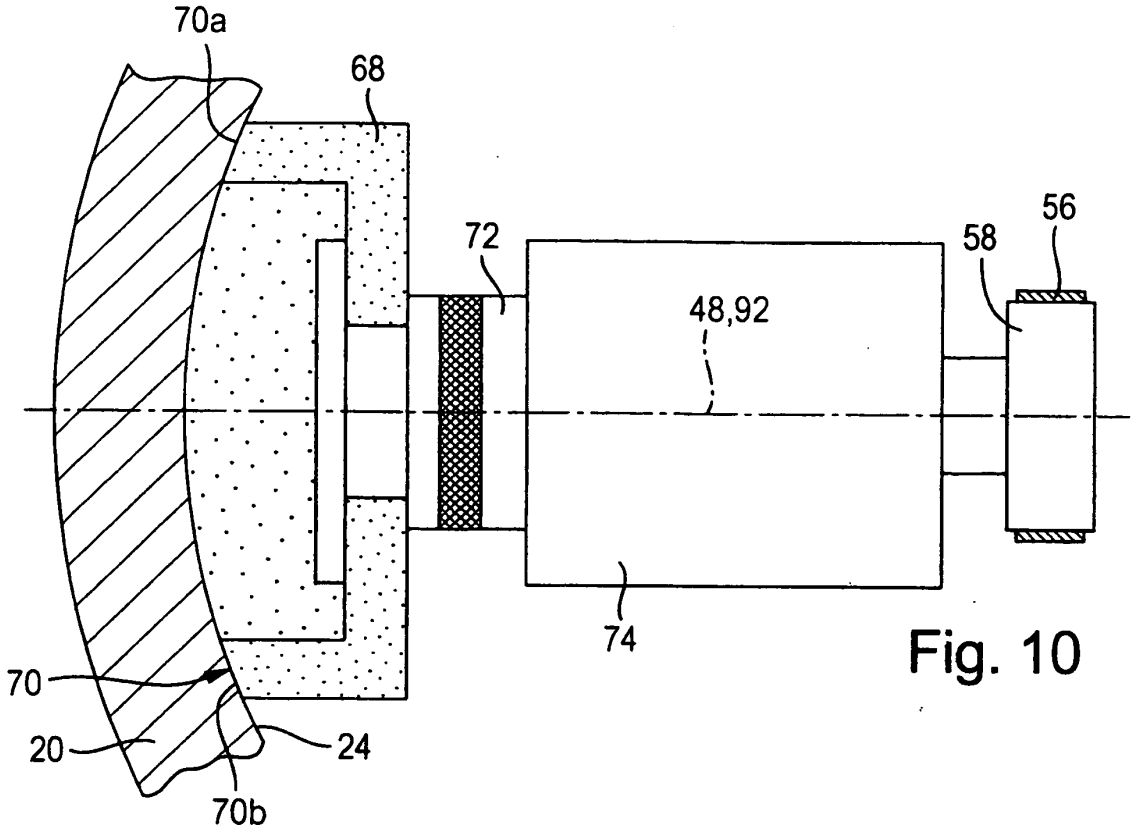


Fig. 10

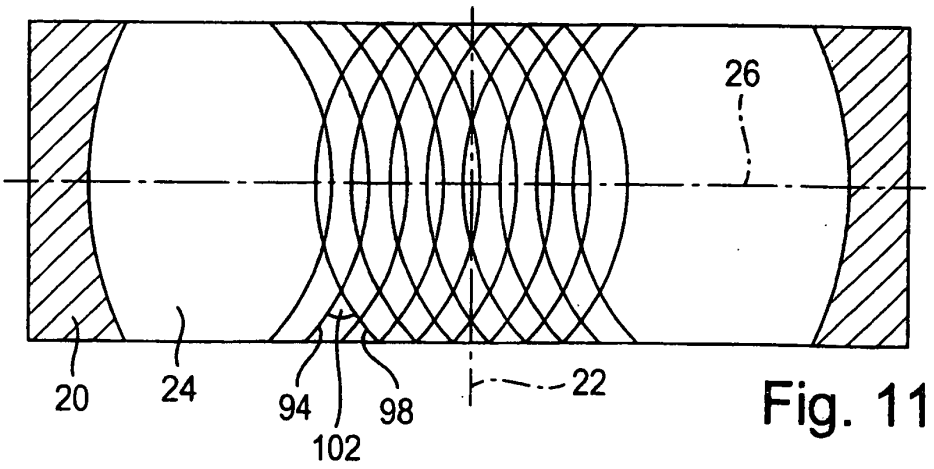


Fig. 11

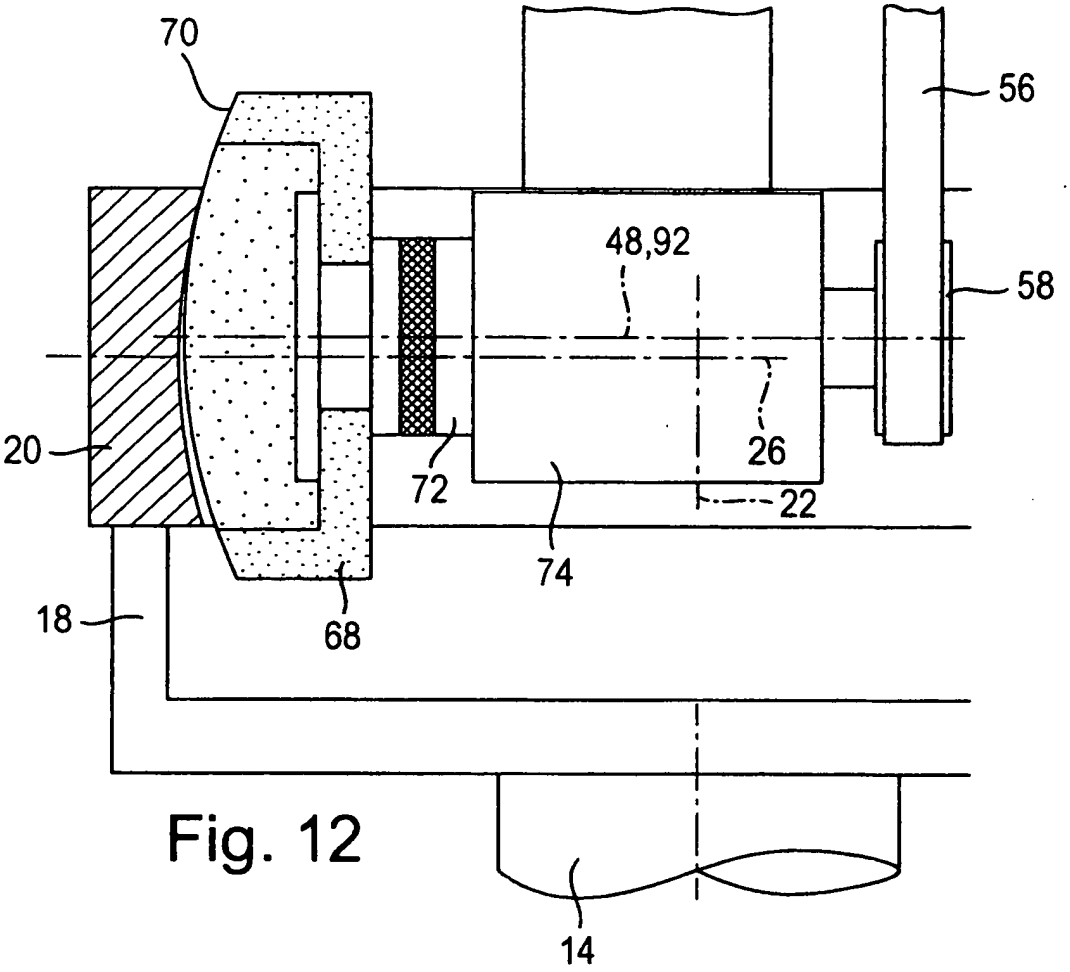

70
56
48,92
58
20
72
26
22
74
18
68
14

Fig. 12

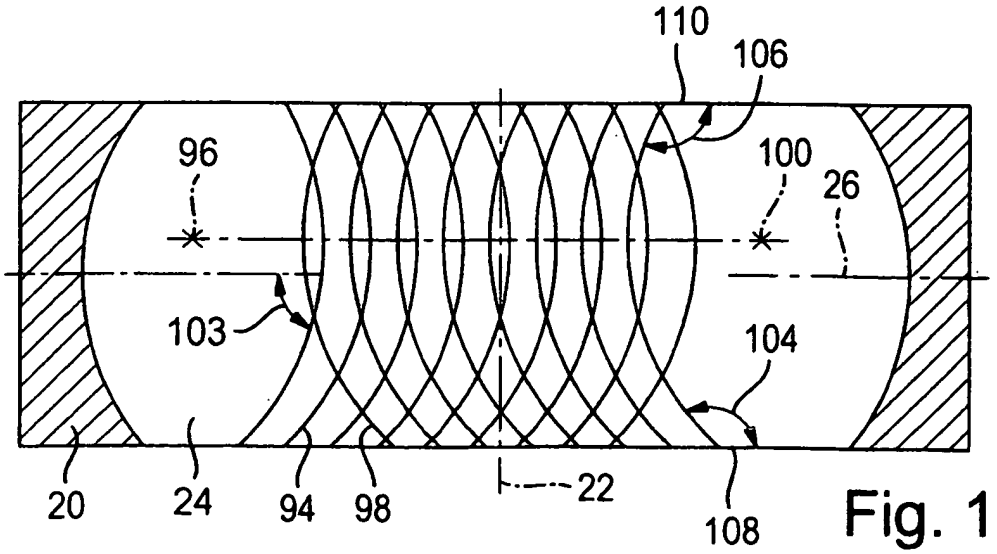

110
106
96
100
26
103
104
20
24
94
98
22
108

Fig. 13

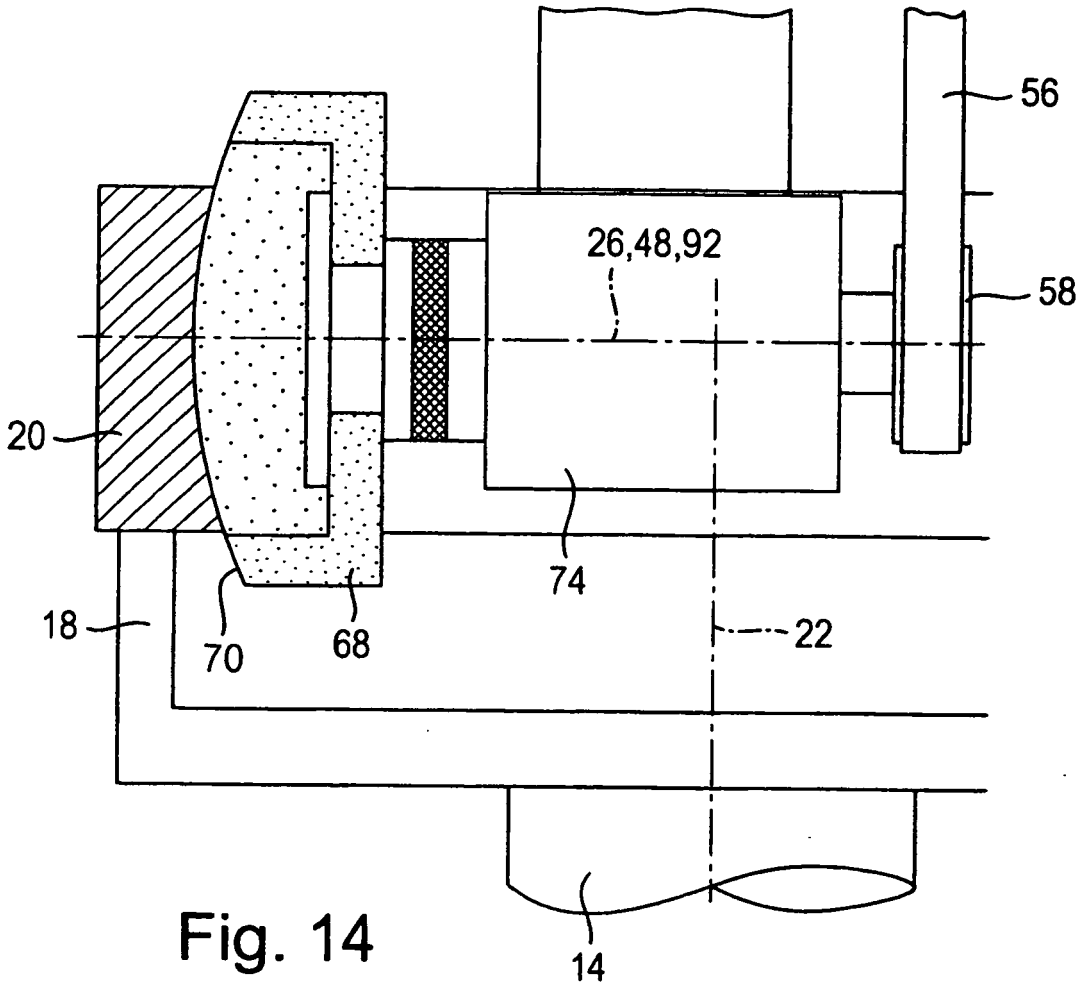


Fig. 14

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

- EP 1878534 A1 **[0004]**