



(11) **EP 2 162 261 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
04.01.2012 Patentblatt 2012/01

(51) Int Cl.:
B24B 41/06 (2012.01)

(21) Anmeldenummer: **08774703.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/058585

(22) Anmeldetag: **03.07.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/007301 (15.01.2009 Gazette 2009/03)

(54) **VERFAHREN ZUR UNTERSTÜTZUNG EINES ROTIERENDEN WERKSTÜCKS BEIM SCHLEIFEN UND HYDRODYNAMISCHE LÜNETTE**

METHOD FOR THE SUPPORT OF A ROTATING WORKPIECE DURING GRINDING AND A HYDRODYNAMIC STEADY REST

PROCÉDÉ ET SUPPORT POUR SUPPORTER UNE PIÈCE ROTATIVE LORS DU MEULAGE ET LUNETTE HYDRODYNAMIQUE

(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 MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR

• **MÜLLER, Hubert**
77787 Nordrach (DE)

(30) Priorität: **06.07.2007 DE 102007031512**

(74) Vertreter: **Leske, Thomas et al**
Frohwitter
Patent- und Rechtsanwälte
Possartstrasse 20
81679 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.03.2010 Patentblatt 2010/11

(73) Patentinhaber: **Erwin Junker Maschinenfabrik GmbH**
77787 Nordrach (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 306 326 DE-A1- 1 752 520
DE-A1- 3 240 332 DE-A1- 3 437 113
DE-C1- 3 910 576 US-A- 6 149 503

(72) Erfinder:
• **HIMMELSBACH, Georg**
77716 Haslach (DE)

EP 2 162 261 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Unterstützung und hydrodynamischen Zentrierung eines rotierenden Werkstücks während der Bearbeitung auf einer Werkzeugmaschine/Schleifmaschine.

[0002] Zur Abstützung von rotierenden Werkstücken bei der Schleifbearbeitung ist es üblich, zentrierende Lünetten einzusetzen. Diese Abstützung ist erforderlich, um ein Durchbiegen des Werkstücks unter der Einwirkung der in Querrichtung wirkenden Kräfte von der Schleifscheibe zu vermeiden. Hierfür werden Stützkörper verwendet, die das Werkstück an mehreren Stellen berühren und es bezüglich der Rotationsachse zentrieren. Die Abstützung erfolgt zumeist in selbstzentrierender Weise mittels dreier am Umfang der abzustützenden Lagerstelle angeordneter Auflagen. Derartige Lünetten sind bspw. aus der DE-OS 1 577 369 bekannt.

[0003] Die Auflagen solcher Lünetten sind üblicherweise an den Kontaktstellen zur Verminderung von Verschleiß und sichtbaren Laufspuren mit CBN (kubisch zentriertes Bornitrid) oder PKD (Polykristalliner Diamant) beschichtet. Da die Lünetten das Werkstück an den Auflagen berühren, ergibt sich an der Stützstelle zwangsläufig eine so genannte Laufspur. Die Laufspur beruht auf einer Glättung der Spitzen der Oberflächenrauigkeit und ist optisch sichtbar. Diese Veränderung der Oberflächengüte kann einen eventuell ungünstigen Einfluss auf den Schmierfilm im Lager haben. Außerdem verändert sich der Traganteil in diesem Bereich der Lagerstelle. Eine Maßänderung der Lagerstelle ist zwar im Bereich der Laufspur oft nur gering, aber sie wird bei stetig steigenden technischen Anforderungen an die Lagerstellen oft nicht mehr zugelassen. Das deshalb erforderliche Nachschleifen der Lagerstelle nach dem Lünetteneinsatz führt zu einer unerwünschten Erhöhung der Schleifzeit und damit der Stückkosten.

[0004] Des Weiteren hat eine Lünette, welche die Lagerstelle an drei Punkten abstützt, den Nachteil, dass eine auf der Lagerstelle bei der Bearbeitung entstandene kurzwellige Unrundheit weiterhin auf der Lagerstelle abgebildet wird und zumindest teilweise nicht ausgeglichen werden kann. Diese beiden Effekte lassen sich bei den bekannten Lünetten nicht gänzlich verhindern.

[0005] Eine weitere Variante von Lünetten sind die so genannten hydrostatischen Lünetten, wie sie in der DE-OS 1 627 998 und der EP 1 298 335 B1 (deutsche Übersetzung: DE 602 10 187 T2) beschrieben sind. Bei diesen Lünetten wird die Lagerstelle durch ein hydrostatisches Lager abgestützt, bei dem mehrere um den Innenumfang des Lagers verteilte hydrostatische Taschen mit einem unter Druck stehenden Fluid beaufschlagt werden. Hierdurch wird an der Lagerstelle der Welle ein hydrostatischer Druck erzeugt, der die Welle stützt und zentriert. Über eine Regeleinrichtung, wird der Fluiddruck eingestellt. Ein besonderer Nachteil dieser Art von Lünetten ist, dass die Lagerstelle während des Abstützens nicht bearbeitet werden kann, da sie rundum von der Lünette

umgeben ist. Diese Variante erfordert zudem eine besondere Ausgestaltung der Stützscheibe mit Stütztaschen und Entlastungsnuten, was zu einer aufwändigen und teuren Herstellung führt.

[0006] Nach der DE 102 32 394 B4 der Erwin Junker Maschinenfabrik GmbH (Anmelderin) wird zur Abstützung eines rotierenden Werkstücks während einer Schleifbearbeitung mindestens ein Polsterkörper, der mit einem Druckfluid beaufschlagbar ist, von der der Schleifscheibe gegenüber liegenden Seite an das Werkstück angestellt. Die Anstellkraft ist hierbei pneumatisch oder hydraulisch beeinflussbar. Zwischen den Polsterkörper und das Werkstück kann bei bestimmten Ausführungsformen ein Fluid als Druck- und Schmiermittel eingebracht werden. Ein Nachteil dieser Art der Abstützung liegt in der einseitigen Abstützung des Werkstücks und in der aufwändigen Konstruktion.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Unterstützung eines rotierenden Werkstücks während der Schleifbearbeitung anzugeben, das die Nachteile des Standes der Technik vermeidet.

[0008] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den im Anspruch 1 aufgeführten Merkmalen. Weitere Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den Ansprüchen 2 bis 9 angegeben.

[0009] Nach Anspruch 1 wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren der zu unterstützende axiale Teilbereich des Werkstücks einem in radialer Richtung, also auf die Werkstücklängsachse und damit Rotationsachse hin, wirkenden Druck ausgesetzt, dessen Größe in Abhängigkeit von der jeweils vorhandenen Drehzahl zwischen einem Minimalwert und einem Maximalwert gesteuert wird. Konkret bedeutet dies, dass die zur Abstützung mittels einer Lünette verwendete Lagerstelle des rotierenden Werkstücks, z. B. einer Getriebe-, Kurbel oder Nockenwelle, in der Lünette mit einem Anpressdruck beaufschlagt wird, dessen Betrag steuerbar ist. Das Fluid, das zur Erzeugung des Anpressdrucks eingesetzt wird, kann bspw. das zum Schleifen verwendete Kühl- oder Schmieröl sein. Es wird bevorzugt über eine Querbohrung (d.h. eine Bohrung, die in Bezug auf die Achse der Lünette seitlich versetzt ist), deren Öffnung in den Ringspalt zwischen Lünette und Lagerstelle mündet, dem Ringspalt zugeführt und bildet dort ein hydrodynamisches Lager. Dieses Lager, das bei der Bearbeitungsdrehzahl unter Druck steht, unterstützt das Werkstück im Bereich der Lünette allseitig. Hierdurch wird zum einen ein direkter Kontakt zwischen der Lünette und der Oberfläche der Lagerstelle vermieden, so dass keine Laufspur entstehen kann. Zum anderen hat sich überraschenderweise gezeigt, dass eine druckabhängige, dynamische Zentrierung des Werkstücks im Bereich der Lagerstelle erfolgt.

[0010] Der Druck des Fluids, das über die Öffnung der Querbohrung dem Ringspalt zugeführt wird, wird in Durchführung des Verfahrens zwischen einem Minimalwert beim Anfahren des Werkstücks und einem Maximalwert gesteuert. Der Maximalwert liegt erfindungsge-

mäß bei Erreichen der Bearbeitungsdrehzahl vor und wird während der Schleifbearbeitungszeit im Wesentlichen bei diesem Wert gehalten. Dabei liegt es im Rahmen der Erfindung, dass beim Schleifen mit variabler Bearbeitungsdrehzahl des Werkstücks der Fluiddruck der aktuellen Bearbeitungsdrehzahl folgt. Er kann jedoch auch in diesem Fall konstant gehalten werden. Entscheidend ist, dass der entsprechend überstrichene Druckbereich wesentlich höher liegt, als der zu Beginn des Anfahrens vorliegende Fluiddruck.

[0011] Der Minimalwert des Drucks ergibt sich aus der Forderung nach einem geschlossenen Schmierfilm im Ringspalt zwischen der Lünette und der Lagerstelle des Werkstücks. Dies bedeutet, dass der Minimalwert > 0 sein sollte. Als Minimalwert des Druckes soll hier jedoch auch ein Wert von Null eingeschlossen sein. Entscheidend im Betrieb ist, dass beim Anfahren der Fluiddruck rasch aufgebaut wird. Dieser Schmierfilm muss möglichst schon beim Anfahren des Werkstücks aus dem Stillstand gewährleistet sein, da es andernfalls zu einem unerwünschten direkten Kontakt zwischen den Metallteilen kommt. Der Druck darf jedoch anfangs nicht zu hoch sein, da dies die Lagerstelle unsymmetrisch beaufschlagen würde, was ebenfalls zu einem Kontakt zwischen den genannten Teilen führte. Zudem behindert ein zu hoher Fluiddruck an der Lagerstelle das Anfahren des Werkstücks, da er wie eine Bremse wirkt, da das Werkstück an der betreffenden Lagerstelle dann in der Lagerschale an der der Zuführbohrung gegenüberliegenden Seite der Lagerschale Kontakt mit dieser haben kann.

[0012] Während des Anfahrvorgangs, bei dem die Welle eine zunehmende Drehzahl erreicht, wird der Fluiddruck nach Maßgabe der aktuellen Drehzahl gesteigert. Dies kann im Rahmen der Erfindung kontinuierlich oder in geeignet ausgewählten Stufen erfolgen. Hierbei wird der Druckanstieg nach einem Aspekt der Erfindung linear mit der Zunahme der Drehzahl des angetriebenen Werkstücks gesteuert. In einer Abwandlung kann auch ein nicht-linearer, progressiver Anstieg des Fluiddrucks mit der Drehzahl von Vorteil sein. Dies geschieht beispielsweise derart, dass bei Beginn des Anfahrvorgangs eine relativ langsame Zunahme des Fluiddrucks erfolgt, während bei höherer Drehzahl - in der Nähe der Bearbeitungsdrehzahl - eine relativ steiler Anstieg des Fluiddrucks eintritt. Eine solche Steuerung des Fluiddrucks erlaubt ein besonders schnelles Anfahren des zu beschleunigenden Werkstücks zu Beginn, während der hohe Druck, der zur dynamischen Zentrierung des Werkstücks während der Bearbeitung förderlich ist, im Wesentlichen erst gegen Ende des Anfahrens voll zum Tragen kommt. In bestimmten Fällen kann es zweckmäßig sein, den Druckanstieg anfangs besonders schnell erfolgen zu lassen, etwa wenn wegen der Materialeigenschaften des Werkstücks ein besonders rasches und zuverlässiges Einsetzen der dynamischen Lagerung des Werkstücks anzustreben ist.

[0013] Der Maximalwert des Fluiddrucks kann über Versuche ermittelt werden. Er hängt unter anderem von

der Drehzahl des Werkstücks bei der Bearbeitung und von dem verwendeten Fluid zur Druckerzeugung ab. Versuche haben ergeben, dass eine Erhöhung des Fluiddrucks im Ringspalt zu einer druckabhängigen Verbesserung der Zentrierung des Werkstücks in Bezug auf seine Rotationsachse führt. Bei Drücken beispielsweise im Bereich zwischen 5 und 150 bar können Rundlaufgenauigkeiten im Bereich von wenigen μm erzielt werden. Hierbei erhöht sich die Rundlaufgenauigkeit bei gegebener Drehzahl mit steigendem Druck. Unter "Maximalwert" ist im Rahmen der Erfindung der für jeden Bearbeitungszustand erforderliche maximale Druckwert zu verstehen, bei dem dann die Schleifbearbeitung des Werkstücks bei der Bearbeitungsdrehzahl erfolgt.

[0014] Durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise ergeben sich die Vorteile, dass einerseits ein schnelles, unproblematisches Hochfahren der Drehzahl der zu schleifenden Welle aus dem Stillstand bis zur Bearbeitungsdrehzahl gewährleistet ist und dass andererseits während des Schleifens eine sehr genaue Zentrierung und Unterstützung der Welle an der Lagerstelle erfolgt. Diese Vorteile sind beim eingangs genannten Stand der Technik nicht gegeben, da sich dieser lediglich mit dem Verhalten der Lünetten bei der Bearbeitungsdrehzahl befasst, ohne den Anfahrvorgang in Betracht zu ziehen. Zudem findet der Effekt der hochgenauen Zentrierung der mit hoher Drehzahl rotierenden Welle durch einen optimalen, hohen Fluiddruck an der Lagerstelle keine Erwähnung. Ein hoher Fluiddruck an sich würde jedoch zu Problemen beim Anfahren führen. Erst die Erfindung hat erkannt, dass für eine optimale Bearbeitung von Wellen bei kurzer Bearbeitungszeit eine Steuerung des Fluiddrucks in der Lünette in Abhängigkeit von der aktuellen Drehzahl des Werkstücks von Vorteil ist.

[0015] Für die erfindungsgemäße Steuerung des Fluiddrucks ist eine Steuereinrichtung vorgesehen, die auf die jeweilig vorliegende Drehzahl des Werkstücks anspricht und den Fluiddruck entsprechend steuert bzw. regelt. Es bietet sich an, die ohnehin vorhandene CNC-Steuerung der Schleifmaschine zu diesem Zweck zu verwenden. Die Steuerung wirkt auf Ventile ein, die, bspw. über Änderung des Durchflusses, eine Einstellung des Fluiddrucks im Ringspalt ermöglichen. Da über den seitlich offenen Ringspalt immer Fluid austritt, ist eine Einstellung des Drucks über die Regulierung der Fördermenge ohne weiteres möglich.

[0016] Die Steuerung weist in Ausgestaltung der Erfindung zumindest einen Sensor auf, der den jeweils vorhandenen Fluiddruck erfasst und diesen mit einem vorgegebenen, drehzahlabhängigen Wert vergleicht. Die Steuereinrichtung besitzt hierfür bevorzugt einen elektronischen Rechner, der entsprechend programmiert ist und der über Eingabeeinrichtungen, Prozessoren, Speicher und sonstige erforderliche Einrichtungen verfügt.

[0017] Vorzugsweise erfolgt die Steuerung des Fluiddrucks so, dass dieser auch einer infolge der Bearbeitung des Werkstücks sich ergebenden Variation der Rotationsgeschwindigkeit des Werkstücks während einzelner

oder mehrerer Umdrehungen folgt. Insofern ist der Begriff "Maximalwert des Fluiddrucks" nicht als absolut scharf definierter Wert zu sehen, sondern er kann eine gewisse, allerdings gegenüber dem Höchstwert geringe, Bandbreite aufweisen. Entscheidend ist, dass der Fluiddruck während der Bearbeitung wesentlich höher als zu Beginn des Anfahrens des Werkstücks ist, und dass er bei der Bearbeitung in dem hohen Druckbereich gehalten wird.

[0018] Die DE 32 40 332A1 zeigt ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine in Verbindung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren geeignete Lünette, wie sie ähnlich in der DE 102 32 394 B4 der Anmelderin gezeigt ist. Diese Lünette besitzt mindestens einen an das Werkstück andrückbaren und mit einem Fluiddruck beaufschlagbaren Lagerbereich und Mittel zur Zuführung von einem als Schmiermittel wirkenden Fluid zwischen das Werkstück und den Lagerbereich. Unter "Lagerbereich" ist hier ein Teil einer Lünette gemeint, die das abstützende Werkstück nur in einem begrenzten Abschnitt seines Umfangs umgibt. Derartige Lünetten können einen oder mehrere Lagerbereiche aufweisen. Gemäß der DE 102 32 394 B4 sind die Lagerbereiche als Polsterkörper aus einem elastischen Vollmaterial oder einer elastischen mit einem elastischen Druckmedium gefüllten Außenhaut ausgebildet, die bevorzugt in dem der Schleifscheibe gegenüberliegenden Umfangsbereich an die zu schleifenden Walze angestellt werden. Bei dieser Bauform der erfindungsgemäßen Lünetten sind sowohl der Anpressdruck des Lagerbereichs als auch, im Wesentlichen unabhängig hiervon, der Fluiddruck des als Schmier- und Kühlmittel verwendeten Fluids vorgegeben. Letzterer wird nach der Erfindung abhängig von der Drehzahl gesteuert. Hierbei ist der Fluiddruck beim Anfahren des Werkstücks aus dem Stillstand zunächst gering und steigt mit zunehmender Drehzahl bis zum Maximalwert bei der Bearbeitungsdrehzahl an. Der Minimalwert des Fluiddrucks darf jedoch nicht geringer als der Anpressdruck in dem Lagerbereich sein, da andernfalls keine Schmierung erfolgen würde. Der Anpressdruck in dem Lagerbereich an sich bleibt hierbei im Wesentlichen konstant. Er kann bspw. über pneumatische oder hydraulische Mittel von der Steuerung vorgegeben werden.

[0019] Zweckmäßig ist zumindest ein Lagerbereich der Lünette mit einer Zuführleitung versehen, deren werkstückseitige Öffnung den Zutritt von Fluid zwischen den Lagerbereich und das Werkstück ermöglicht. Wenn mehrere Lagerbereiche vorgesehen sind, so sollten diese konzentrisch zu dem abstützenden Werkstück und koaxial zu dessen Rotationsachse angeordnet sein.

[0020] Das Verfahren nach der Erfindung und die zugehörigen Lünetten werden für die Bearbeitung von wellenförmigen Teilen eingesetzt. Als Werkstücke können hier beispielsweise Getriebe-, Nocken- oder Kurbelwellen etc. in Betracht kommen. Die nachfolgend gezeigten Ausführungsformen können für die Abstützung von allen möglichen Wellen verwendet werden, die Einzelheiten

werden hierbei durch jeweiligen technischen Gegebenheiten und die Schleiftechnologie bestimmt.

[0021] Die der Durchführung des Verfahrens dienenden Lünetten sind auch in einer Schleifmaschine einsetzbar, deren Schleifstation eine in Bezug auf die Be-/Entladung der Werkstücke verbesserte Version besitzt. Diese konstruktive Variante ist mit einem Taktisch für die Schleifstation ausgestattet, der jeweils zwei Stützvorrichtungen trägt. Die Stützvorrichtungen gelangen abwechselnd in die Bearbeitungsposition. Somit kann das nächste Werkstück in 2 Sekunden für die nächste Spannung bereitstehen, und es muss keine weitere Werkstückwechselzeit abgewartet werden. Das Be-/Entladen des Werkstücks erfolgt an der der Schleifscheibe abgewandten Seite des Taktisches, während das andere Werkstück bearbeitet wird.

[0022] Für fertig bearbeitete Lagerstellen von Wellenteilen, Nockenwellen, Kurbelwellen etc. können als Lünetten geteilte Lagerböcke verwendet werden. Mit solchen Lagerböcken ist es möglich, die Wellenteile beim Schleifen der Konturen, Nocken oder Pleuellager etc. in exakt der gleichen Art und Weise aufzunehmen. Des Weiteren werden keine sichtbaren Laufspuren an der Stützstelle der Lünette auf der Welle verbleiben.

[0023] Durch diese Vorgehensweise lassen sich nicht nur die späteren Einsatzbedingungen der wellenförmigen Werkstücke exakt abbilden, es werden auch die besten Maß-, Form und Lagetoleranzen bei der Bearbeitung erzielt.

[0024] In Bezug auf unterschiedliche Durchmesser der abzustützenden Lagerstellen müssen die Lagerschalen/Lagerböcke auf den Stützdurchmesser angepasst werden; die geschieht bevorzugt durch geeignete, werkstückabhängige Wechselteile beim Umrüsten der Werkzeugmaschine.

[0025] Im Folgenden wird das Verfahren zur Unterstützung und hydrodynamischen Zentrierung eines rotierenden Werkstücks nach der Erfindung anhand der Figuren näher beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Draufsicht in schematischer Darstellung auf eine Schleifmaschine, bei der das erfindungsgemäße Verfahren zur Abstützung des Werkstücks einsetzbar ist;
- Fig. 2 einen vereinfachten Seitenschnitt durch eine Stützvorrichtung mit einer geteilten Lünette mit schwenkbaren Backen zur Abstützung wellenförmiger Teile zum Durchführen der Erfindung;
- Fig. 3 einen vereinfachten Seitenschnitt durch eine Stützvorrichtung mit einer einstückigen Lünette;
- Fig. 4 einen vereinfachten Seitenschnitt durch eine Stützvorrichtung mit einer als Lagerbock ausgebildeten Lünette;
- Fig. 5 eine schematisierte Draufsicht auf eine Stützvorrichtung mit mehreren Stützstellen zur Aufnahme von mehreren Lagerstellen einer Kurbelwelle; und

Fig. 6 eine schematische Teilansicht einer geteilten Lünette nach Fig. 2.

[0026] Die Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung die Draufsicht auf eine Schleifmaschine 1, bei der das erfindungsgemäße Verfahren und die Aufnahme des zu schleifenden wellenförmigen Werkstücks 12 in der Lünette 10 zur Durchführung dieses Verfahrens zum Einsatz kommen. Die Schleifmaschine 1 hat ein Maschinenbett 2, auf dem eine Schleifstation 3 angeordnet ist. Diese Schleifstation 3 weist auf dem Maschinenbett 2 einem Kreuzschlitten 6 auf, der die beiden CNC-gesteuerten Verfahrsachsen beinhaltet. Die Z-Achse 21 verläuft parallel zur Werkstücklängsachse 20, und die X-Achse 22 ist als Zustellachse rechtwinklig zur Z-Achse 21 und damit zur Werkstücklängsachse 20 gerichtet.

[0027] Nach Fig. 1 ist auf dem Kreuzschlitten ein Schleifspindelstock 13 mit Zustellschlitten in Richtung der X-Achse 22 angebracht, der CNC-gesteuert in Richtung der X-Achse 22 dem Werkstück zugestellt werden kann. Der Schleifspindelstock 13 dient zur Aufnahme von zumindest einer Schleifspindel 14, die in ihrem vorderen Bereich zumindest eine Schleifscheibe 15 aufnimmt. Die Schleifscheibe 15 und die Schleifspindel 14 besitzen eine gemeinsame Mittelachse, die beim Unrundsleifen vorzugsweise achsparallel zur Mittelachse des Werkstücks 12 ausgerichtet ist. Auf dem Maschinenbett 2 ist im vorderen Bereich ein Schleiftisch 5 angeordnet, der die Stützvorrichtung 8 der zu bearbeitenden Welle (Werkstück 12) mit z. B. als Lagerböcken 18 ausgebildeten, erfindungsgemäßen Lünetten 10 aufnimmt. Der Schleiftisch 5 trägt auch den Werkstückspindelstock 7 mit einem Spannfutter, dessen Backen schwimmend gelagert sind, so dass sie rechtwinklig zur Werkstücklängsachse 20 ausgleichend sind und das Werkstück in radialer Richtung spielfrei und steif um die C-Achse 23 (Rotationsachse) antreiben.

[0028] Eine Abdeckung 17 für die Führungsbahnen der Z-Achse 21 der Schleifstation 3 ist ebenfalls vorhanden, desgleichen zumindest eine Abrichtvorrichtung 16 für die Schleifscheiben 15 auf dem Schleiftisch 5. Ein die Schleifmaschine 1 umgebendes Gehäuse und weitere für den Betrieb der Schleifmaschine 1 erforderliche Baugruppen sind vorhanden und dem Fachmann geläufig. Sie sind in Fig. 1 der besseren Übersichtlichkeit wegen nicht dargestellt.

[0029] In Fig. 2 ist in schematischer, teilweise geschnittener Darstellung ein Ausführungsbeispiel einer Lünette 10 in einer Stützvorrichtung 8 gezeigt. Die Stützvorrichtung 8 besitzt einen Grundkörper 9, auf dem die Lünette(n) 10 angeordnet sind und der mittels Schrauben 38 und zugehörigen Spannpratzen 39 am Schleiftisch 5 fest montiert werden kann. Die Lünette 10 ist an der Trennstelle 25 zweigeteilt, mit zwei Backen 11, die mittels zugehöriger Schwenkachsen 33 am Grundkörper 9 der Stützvorrichtung 8 gelagert sind. Mit dem Bezugszeichen 11' ist die ausgeschwenkte Lage der Backen 11 verdeutlicht. Zur Abstützung wellenförmiger Werkstücke 12 wäh-

rend der Schleifbearbeitung werden die Backen 11 um die Schwenkachsen 33 eingeschwenkt, was bevorzugt mittels - hier nicht gezeigter - hydraulischer Antriebe erfolgt. Die Backen 11 umgeben dann vollständig die abzustützende Lagerstelle 42 des Werkstücks 12, das in der von den beiden Backen 11 der Lünette 10 gebildeten Bohrung 30 um seine Längsachse rotieren kann.

[0030] Einer der Backen 11 der erfindungsgemäßen Lünette 10 ist mit einer Querbohrung 34 versehen, die über die Öffnung 35 in der zentralen Bohrung 30 der Lünette 10 mündet. Durch die Öffnung 35 ist über in Fig. 2 nicht gezeigte weitere Bohrungen 37 im Grundkörper 9 und/oder über sonstige Zuführleitungen 36 (siehe Fig. 6) das erfindungsgemäße Druckfluid in den zwischen dem Werkstück 12 und der Wandung der Bohrung 30 gebildeten Ringspalt 62 leitbar. Die Trennstelle 25 zwischen den Backen 11 ist besonders sorgfältig bearbeitet und so beschaffen, dass in der geschlossenen Lage der Backen 11 kein Spalt gebildet wird, durch den Druckfluid in die Trennstelle 25 eintreten und aus dieser entweichen könnte. Hierzu ist eine flächige metallische Berührung der beiden Backen 11 an der Trennstelle 25 vorgesehen, die in Verbindung mit dem auf die Backen 11 mittels der bevorzugt hydraulischen Stellkräfte ausgeübten Anpressdruck zu einer hohen Dichtigkeit der Trennstelle 25 führt.

[0031] Die anhand der Fig. 2 beschriebene Version kommt zum Einsatz, wenn bspw. eine gebaute Nockenwelle hergestellt wird, deren Lagerstellen 42 nach dem Aufbringen der Nocken auf das Rohr noch an den Lagerstellen 42 bearbeitet werden müssen. Die geteilte Ausbildung der Lünetten 10 bzw. Lagerböcke 18 ist auch bei der Bearbeitung von Gussnockenwellen erforderlich, da bei diesen die Lagerböcke 11 für die Montage erst nach der vollständigen Bearbeitung der Lagerstellen 42 aufgebracht werden können.

[0032] In Fig. 3 ist das Spannprinzip der Stützvorrichtung 8 mit einer anderen Bauform der Lünette 10 gezeigt. Hier wird die als ungeteilter Lagerbock 18 ausgebildete Lünette 10 in der Stützvorrichtung 8 auf einer Ebene 19 aufgenommen, die der Montageebene beim späteren Einbau entspricht. Der Lagerbock ist mit seitlichen Ansätzen oder Laschen 24 ausgebildet, die, mit entsprechenden Bohrungen versehen, auch der späteren Montage dienen können. Der Lagerbock 18 wird auf dem Grundkörper 9 der Stützvorrichtung 8 durch zwei hydraulisch um die Schwenkachse 33 schwenkbare Spannhebel 32 fixiert. Diese treten an Stelle der Befestigungsschrauben, die später beim Einbau des Werkstücks 12 im Motorinnenraum zum Einsatz kommen. Zur genauen Positionierung der Lagerböcke auf dem Grundkörper 9 der Stützvorrichtung 8 sind auf dem Grundkörper 9 Positionierungsmittel vorhanden, die hier beispielhaft als Anschlag 31 dargestellt sind. Natürlich sind auch andere Positionierungsmittel einsetzbar, wie Zentrierhülsen oder -stifte. Die Lagerung der Spannhebel 32 und deren hydraulische Betätigung sind hier nur vereinfacht dargestellt. So verweist das Bezugszeichen 32' auf die ausge-

schwenkte Lage der Spannhebel 32. Die Befestigung der Stützvorrichtung 8 erfolgt auf dem Schleiftisch 5 über den Grundkörper 9, wofür Schrauben 38 und Spannpratzen 39 vorgesehen sind.

[0033] Wie in Fig. 3 zu sehen ist, hat der Lagerbock 11 eine Bohrung 30 zur Aufnahme der entsprechenden Lagerstelle 42 des zu schleifenden Werkstückes 12. Sie besitzt auch eine in Bezug auf die Bohrung 30 außermittig angeordnete Querbohrung 34, deren Öffnung 35 in der Bohrung 30 mündet. Diese Querbohrung 34 fluchtet mit einer weiteren Bohrung 37 im Grundkörper 9 der Stützvorrichtung 8, die ihrerseits mit einer Zuführleitung 36 verbunden ist. Über die Öffnung 35 der Querbohrung 34 ist somit ein Schmiermittel von der Zuführleitung 36 in die Bohrung 31 leitbar.

[0034] Fig. 4. zeigt eine weitere ungeteilte Lünette 10, die wie diejenige nach der Fig. 3 als Lagerbock 18 ausgeführt ist. Dieser Lagerbock 18 ist mittels Schrauben 26 auf dem Grundkörper 9 der Stützvorrichtung 8 montiert. Im Einsatz wird der Lagerbock 18 in axialer Richtung auf die zu stützende Lagerstelle 42 aufgeschoben oder die Lagerstelle 42 wird in die Bohrung 30 des Lagerbocks 18 eingeführt.

[0035] In Fig. 5 ist in schematischer Darstellung eine Kurbelwelle 40 in voller Länge mit als Lagerböcken 18 ausgebildeten Lünetten 10 als Stützstellen gezeigt. Da die Kurbelwelle fünf Lagerstellen 42 aufweist, sind über die Länge der Stützvorrichtung 8 auch fünf Spannstellen für die Lagerböcke 18 angeordnet. Hierdurch wird die Kurbelwelle 40 für die Bearbeitung, bspw. der Pleuellager 43, über deren gesamte Länge an ihren Lagerstellen 42 abgestützt. Die Abstützung an den Lagerstellen erbringt die Steifigkeit, die zum hochgenauen Schleifen erforderlich ist, da die Schleifkräfte an den Lagerstellen aufgenommen werden. Beim Schleifen ist somit nur noch die schwimmende Einspannung des Endes der Kurbelwelle 40 durch das Spannfutter der Werkstück-Spindelstocks 7 erforderlich sowie dessen Antrieb in der C-Achse 23, die CNC-gesteuert ist.

[0036] In Fig. 6 ist eine geteilte Lünette 10 mit zwei Backen 11, wie sie schon anhand der Fig. 2 beschrieben ist, als Einzelheit mit einem Teilstück 61 der Kurbelwelle 40 im Bereich der Lagerstelle 42 dargestellt. Die Lünette 10 ist mit der Bohrung 30 zur Aufnahme der Lagerstelle 42 versehen. Der Durchmesser dieser Bohrung 30 beträgt beispielhaft 25 mm und ist mit einer Durchmesser-toleranz von ca. 15 μm gefertigt. In die Bohrung 30 mündet die Querbohrung 34 mit der Öffnung 35. Sie dient der Schmierölauführung bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Auch hier ist darauf zu achten, dass die Trennstelle 25 zwischen den beiden Backen 11 der Lünette 10 absolut dicht in Bezug auf den Eintritt des als Druckfluid dienenden Schmieröls ausgeführt ist. Hierfür hat sich die direkte metallische Berührung der beiden Backen 33 an der Trennstelle 25 bewährt, wofür die entsprechenden Kontaktflächen hinreichend präzise bearbeitet sein müssen. Eine hohe Präzision ist selbstverständlich auch für die Herstellung der beiden in den Bak-

ken 11 ausgebildeten Halbschalen erforderlich, die im in Fig. 6 dargestellten eingeschwenkten Zustand der Backen 11 die Öffnung 30 für die Aufnahme der Lagerstelle 42 des Werkstücks 12 bilden.

[0037] In Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird während des Schleifzyklus durch die Öffnung 35 der Querbohrung 34 des als Lünette 10 dienenden Lagerbocks 18 Schmieröl der Lagerstelle 42 zugeführt. Dieses Schmieröl tritt in den zwischen der Wand der Bohrung 30 und der Lagerstelle 42 des Werkstücks 12 gebildeten Ringspalt 62 ein und schmiert somit diese Bauteile. Dieses Schmieröl entweicht, da es unter Druck steht, durch den Ringspalt 62 als Verlustöl in den Maschineninnenraum der Schleifmaschine 1. Deshalb wird zum Schmieren der Lagerstelle das gleiche Schmieröl, wie es als Kühlschmierstoff bei Schleifen verwendet wird, eingesetzt. Dieses Schleiföl wird jedoch besonders gefiltert, damit keine Schleifrückstände in die Lagerstelle 42 des Werkstückes 12 gelangen.

[0038] Der Ölverlust durch den Ringspalt 62 dient zugleich zur Abdichtung der Lagerstelle 42 gegen das Eindringen von Schmutzpartikeln von außen in die Lagerstelle 42. Die Lagerstelle 42, die in der Bohrung 30 aufgenommen wird, ist im Durchmesser ca. 40 bis 60 μm kleiner gefertigt als der Bohrungsdurchmesser. Hierdurch ergibt sich ein Schmierpalt, entsprechend dem Ringspalt 62, von ca. 20 bis 30 μm Dicke, in dem sich im Betrieb ein hydrodynamisches Lager ausbildet. Dieses hydrodynamische Lager erfordert eine Mindestdrehzahl der rotierenden Welle/Lagerstelle 42 zum Aufbau des Schmierfilms, die erfahrungsgemäß deutlich unterhalb der Schleifdrehzahl beim Schleifen der Nockenform oder der Pleuellager liegt. Diese Schleifdrehzahl liegt üblicherweise im Bereich von ca. 50 bis 500 min^{-1} .

[0039] Um beim Schleifen der Werkstücke wie z.B. Getriebe-, Kurbel- oder Nockenwellen gute Ergebnisse zu erzielen, wird bei dem Verfahren nach der Erfindung wie folgt vorgegangen: Beim Anfahren der zu schleifenden Welle aus dem Stillstand wird der Druck des über die Öffnung 35 der Lagerstelle 42 zugeführten Schmieröls geringer eingestellt und dann während des Hochfahrens des Werkstücks 12 auf die Solldrehzahl zum Schleifen kontinuierlich erhöht. Die Erhöhung des Druckes des Schmieröls erfolgt hierbei in Abhängigkeit von der jeweiligen Drehzahl des Werkstücks 12, bis die Solldrehzahl und damit der Druck-Sollwert zum Schleifen erreicht sind. Die Drucksteuerung erfolgt über spezielle Ventile, die über die CNC-Steuerung betätigt werden.

[0040] Dieser Vorgehensweise liegt die Erkenntnis gemäß der Erfindung zugrunde, dass sich die Radialsteifigkeit der Lagerstelle erhöht, wenn der Zuführdruck des Schmieröls erhöht wird. Bei optimal eingestelltem Schmierdruck bei der Solldrehzahl zum Schleifen ist eine Rundlaufgenauigkeit der Lagerstelle 42 von 1 bis 2 μm erreichbar. Überraschenderweise haben Versuche gezeigt, dass sich das erfindungsgemäße Verfahren besonders dann zum Schleifen von Getriebe-, Kurbel- oder Nockenwellen eignet, wenn der Druck in der hydrodyna-

mischen Schmierstelle/Lagerstelle 42 der Drehzahl zum Schleifen des Werkstückes 12 angepasst wird. Die optimalen Drücke liegen je nach Drehzahl im Bereich zwischen ca. 5 und 150 bar.

[0041] Ein überhöhter Schmieröl Druck sowie ein zu geringer Schmieröl Druck erbringen keine zufriedenstellenden Ergebnisse. Bei einem zu geringen Schmieröl Druck in der Lagerstelle 42 kann der Schmierfilm abreißen. Bei einer zu hohen Einstellung des Schmieröldruckes wird die Welle gegen die der Öffnung 35 gegenüberliegende Seite der Bohrung 30 gedrückt. In beiden Fällen würde das Lager Schaden erleiden, und es wären keine zufriedenstellenden Schleifergebnisse zu erzielen.

Bezugszeichenliste

[0042]

- | | |
|-----|--------------------------|
| 1 | Schleifmaschine |
| 2 | Maschinenbett |
| 3 | Schleifstation |
| 5 | Schleiftisch |
| 6 | Kreuzschlitten |
| 7 | Werkstück-Spindelstock |
| 8 | Stützvorrichtung |
| 9 | Grundkörper |
| 10 | Lünette (Stützstellen) |
| 11 | Backen |
| 11' | Backen, ausgeschwenkt |
| 12 | Wellenförmiges Werkstück |
| 13 | Schleifspindelstock |
| 14 | Schleifspindel |
| 15 | Schleifscheiben |
| 16 | Abriechtvorrichtung |
| 17 | Abdeckung |
| 18 | Lagerbock |
| 19 | Ebene |
| 20 | Werkstücklängsachse |

- | | |
|-----|---------------------------|
| 21 | Z-Achse |
| 22 | X-Achse |
| 23 | C-Achse (Rotationsachse) |
| 24 | Ansatz |
| 25 | Trennstelle |
| 26 | Schraube |
| 30 | Bohrung |
| 31 | Anschlag |
| 32 | Spannhebel |
| 32' | Spannhebel, ausgeschwenkt |
| 33 | Schwenkachse |
| 34 | Querbohrung |
| 35 | Öffnung |
| 36 | Zuführleitung |
| 37 | Bohrung |
| 38 | Schraube |
| 39 | Spannpratze |
| 40 | Kurbelwelle |
| 42 | Lagerstelle |
| 43 | Pleuellager |
| 62 | Ringspalt |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Unterstützung und dynamischen Zentrierung eines rotierenden Werkstücks während der Bearbeitung auf einer Werkzeugmaschine, insbesondere auf einer Schleifmaschine, wobei das Werkstück in einem axialen Teilbereich einem allseitigen in radialer Richtung wirkenden Fluiddruck ausgesetzt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** dessen Größe in Abhängigkeit von der jeweiligen Drehzahl zwischen einem vorgegebenen Minimalwert und einem vorgegebenen Maximalwert gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**

zeichnet, dass beim Anfahren des Werkstücks der Fluiddruck seinen Minimalwert hat.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fluiddruck mit zunehmender der Drehzahl ansteigt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fluiddruck im Wesentlichen linear mit der Drehzahl ansteigt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fluiddruck nicht-linear progressiv mit der Drehzahl ansteigt, derart, dass der Anstieg bei höherer Drehzahl steiler erfolgt, als bei niedrigerer Drehzahl.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fluiddruck bei der Bearbeitungsdrehzahl im Wesentlichen seinen Maximalwert erreicht und während der Bearbeitung im Wesentlichen bei diesem Wert gehalten wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fluiddruck mittels einer Steuereinrichtung eingestellt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die jeweilige Drehzahl des Werkstücks ermittelt und der Steuereinrichtung für den Fluiddruck zugeführt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung auch den jeweils aktuellen Fluiddruck erfasst und diesen mit einem vorgegebenen drehzahlabhängigen Wert vergleicht.

Claims

1. Method for the support and dynamic centring of a rotating workpiece during machining on a machine tool, in particular on a grinding machine, wherein the workpiece is subjected in an axial section to an all-round fluid pressure acting in the radial direction, **characterized in that** the magnitude of said fluid pressure is controlled between a predetermined minimum value and a predetermined maximum value as a function of the respective speed.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the fluid pressure is at its minimum value when the workpiece is started up.
3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the fluid pressure increases with increasing speed.

4. Method according to Claim 1, 2 or 3, **characterized in that** the fluid pressure increases substantially linearly with the speed.

5. Method according to Claim 1, 2 or 3, **characterized in that** the fluid pressure increases in a non-linear progressive manner with the speed in such a way that the rate of increase is steeper at a higher speed than at a lower speed.

6. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the fluid pressure substantially reaches its maximum value at the machining speed and is kept substantially at this value during the machining.

7. Method according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the fluid pressure is set by means of a control device.

8. Method according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the respective speed of the workpiece is determined and is fed to the control device for the fluid pressure.

9. Method according to Claim 8, **characterized in that** the control device also detects the respectively current fluid pressure and compares said fluid pressure with a predetermined speed-dependent value.

Revendications

1. Procédé pour le support et le centrage dynamique d'une pièce rotative pendant l'usinage sur une machine-outil, en particulier sur une meule, la pièce étant exposée dans une région partielle axiale à une pression de fluide agissant sur tous les côtés dans la direction radiale, **caractérisé en ce que** sa taille est commandée en fonction de la vitesse de rotation respective entre une valeur minimale prédéfinie et une valeur maximale prédéfinie.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** lors de l'approche de la pièce, la pression de fluide a sa valeur minimale.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la pression de fluide augmente avec l'augmentation de la vitesse de rotation.
4. Procédé selon la revendication 1, 2 ou 3, **caractérisé en ce que** la pression de fluide augmente sensiblement de manière linéaire avec la vitesse de rotation.
5. Procédé selon la revendication 1, 2 ou 3, **caractérisé en ce que** la pression de fluide augmente de manière non linéaire progressivement avec la vitesse.

se de rotation, de telle sorte que l'augmentation augmente plus fortement pour une vitesse de rotation plus élevée, que pour une vitesse de rotation moins élevée.

5

6. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la pression de fluide à la vitesse de rotation d'usinage atteint sensiblement sa valeur maximale et est maintenue sensiblement à cette valeur pendant l'usinage.

10

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la pression de fluide est ajustée au moyen d'un dispositif de commande.

15

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la vitesse de rotation respective de la pièce est déterminée et acheminée au dispositif de commande pour la pression de fluide.

20

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande détecte aussi la pression de fluide actuelle respective et la compare avec une valeur prédéfinie dépendant de la vitesse de rotation.

25

30

35

40

45

50

55

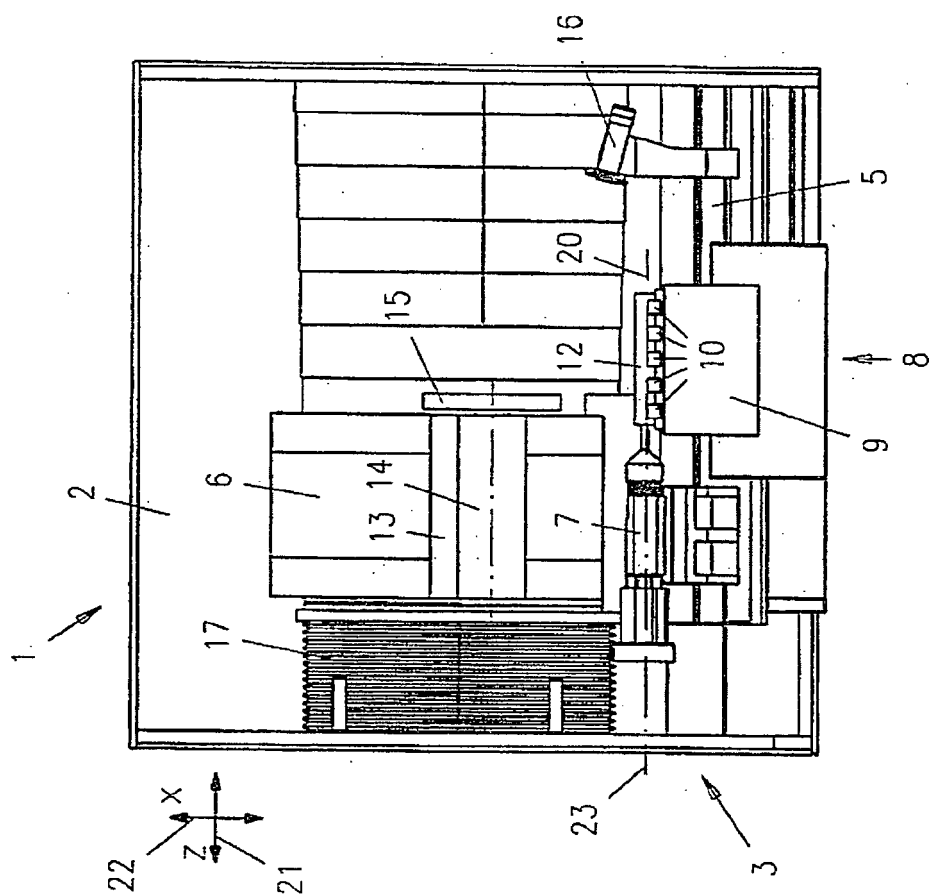


Fig. 1

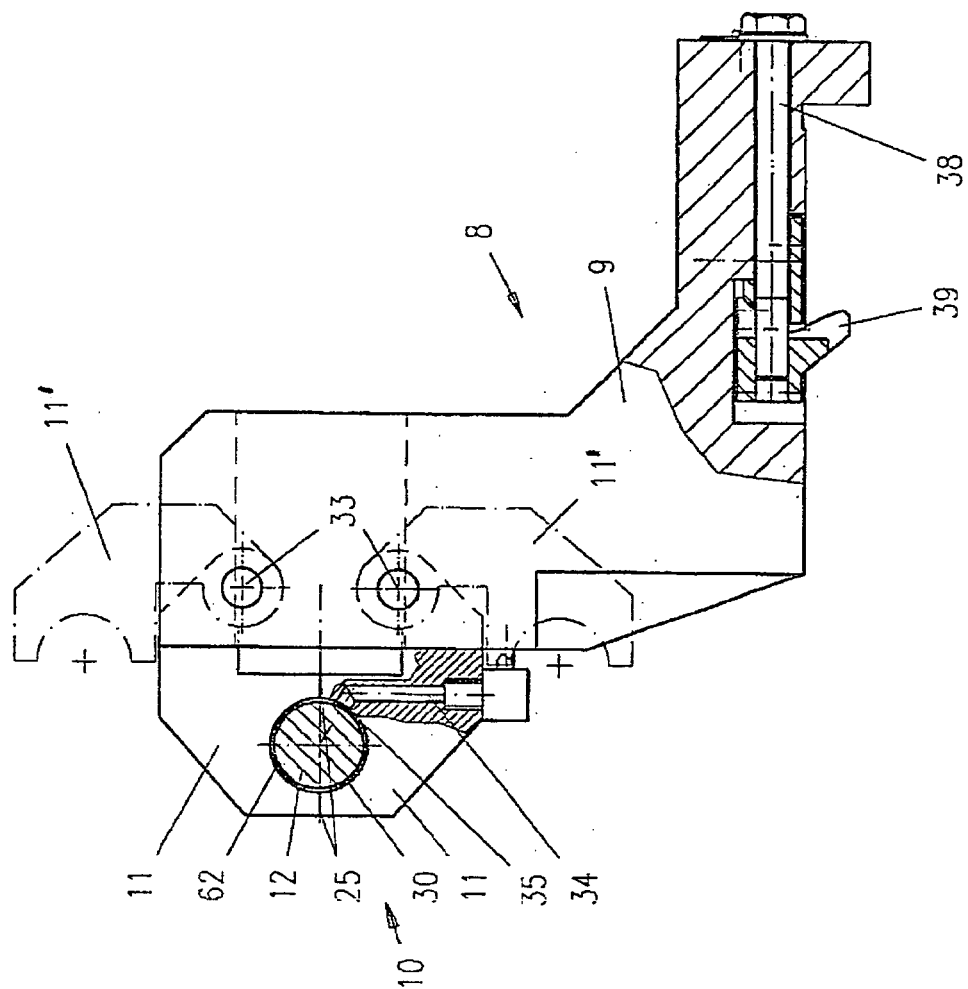
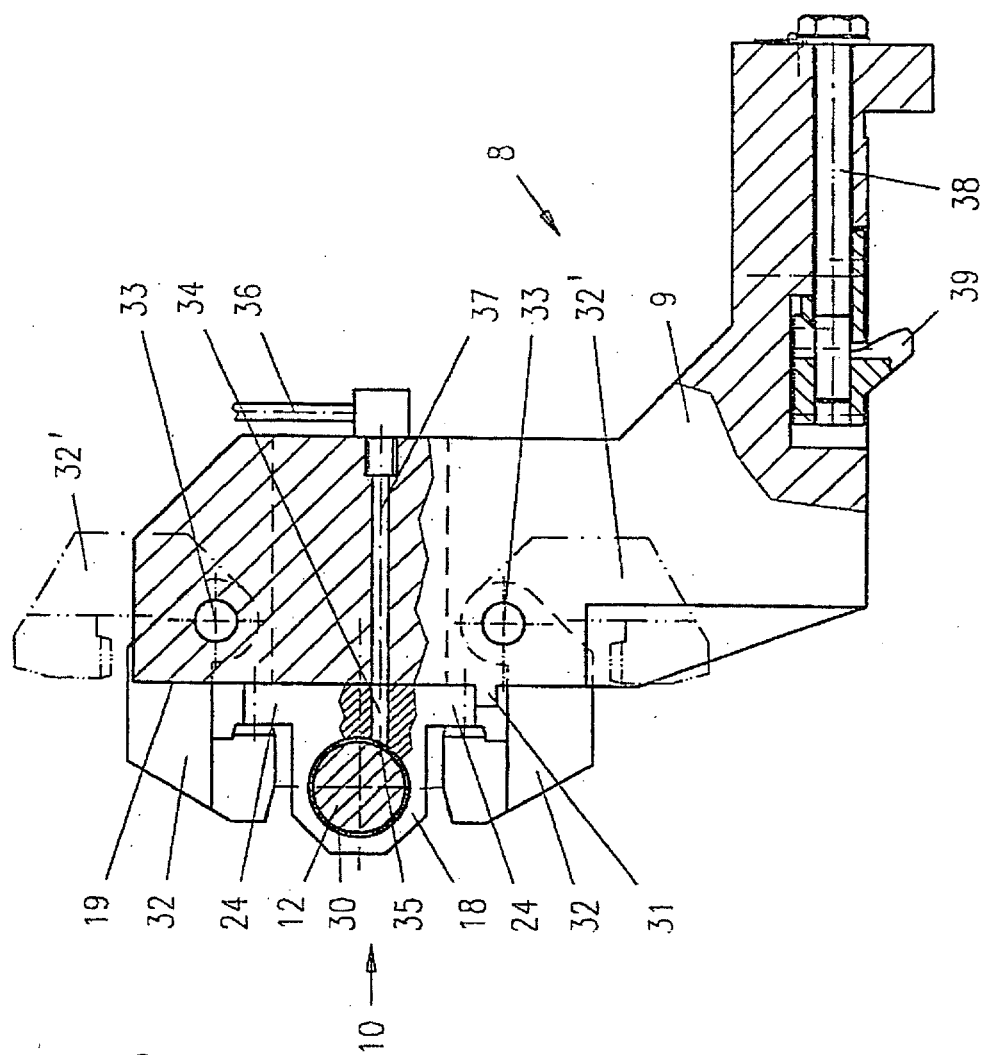
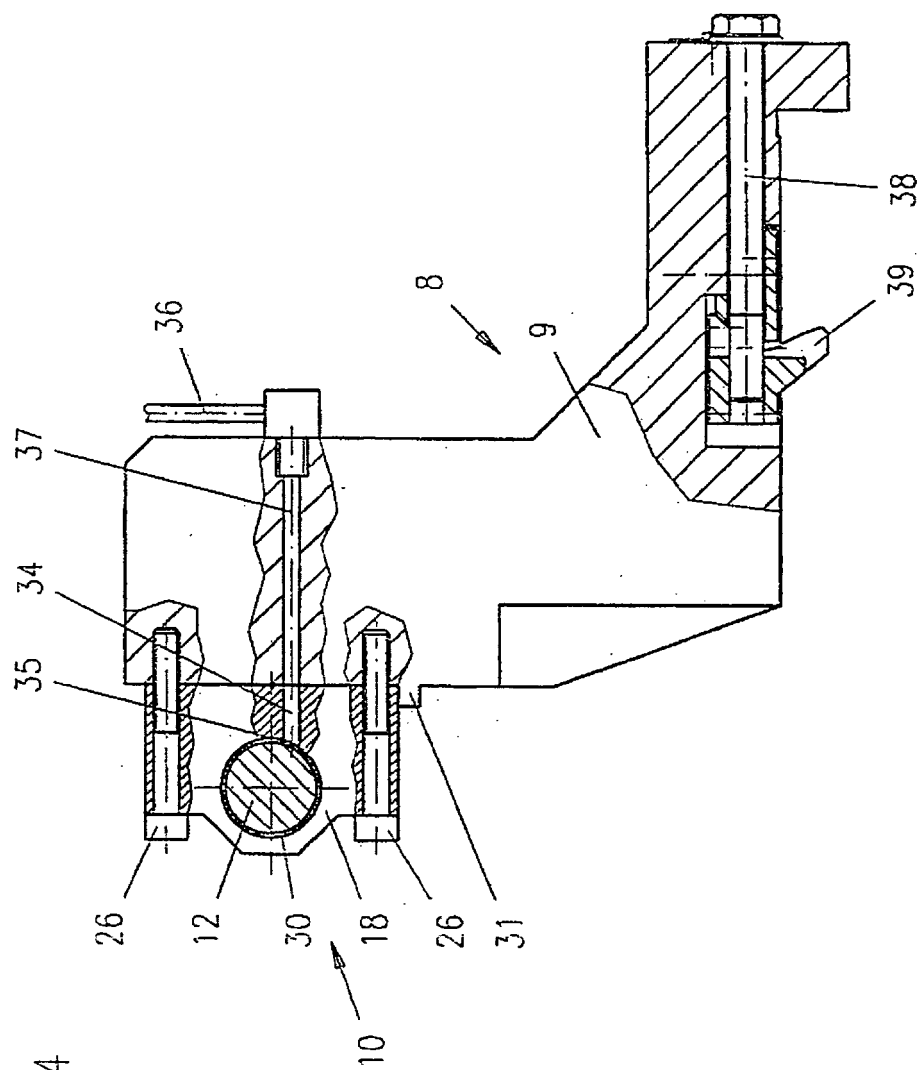


Fig. 2





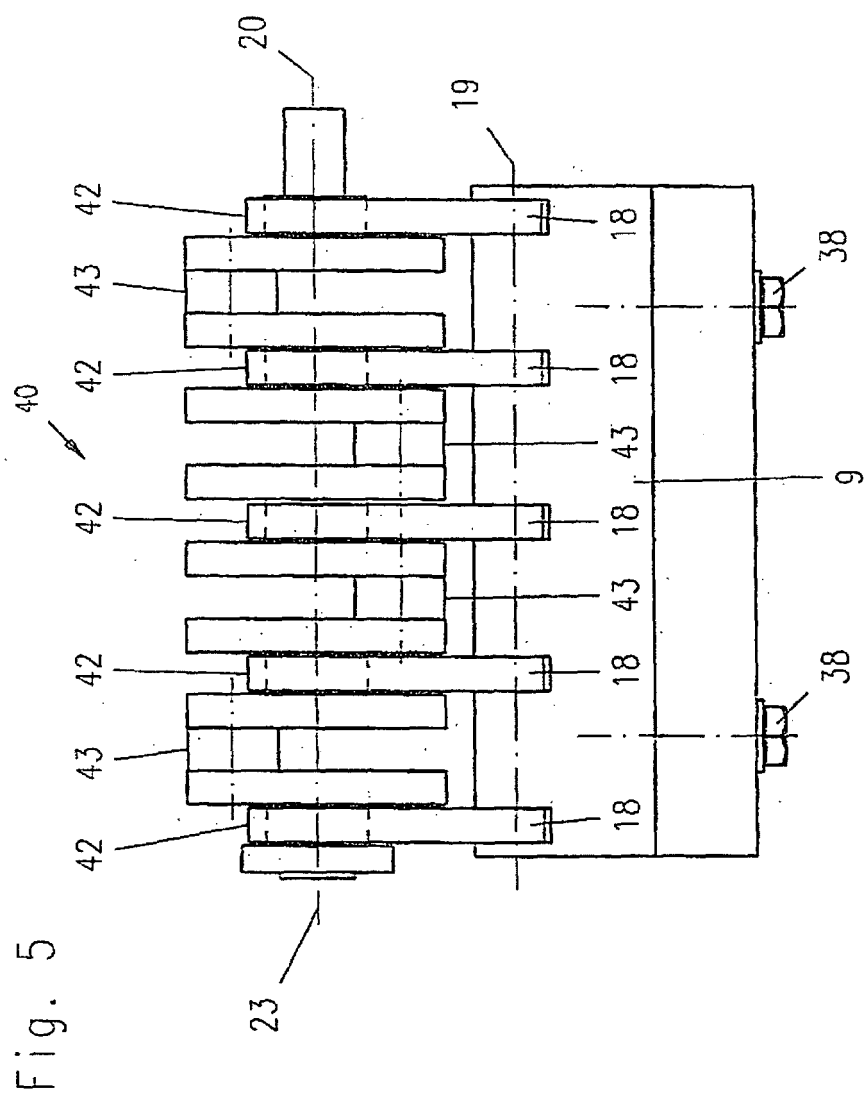
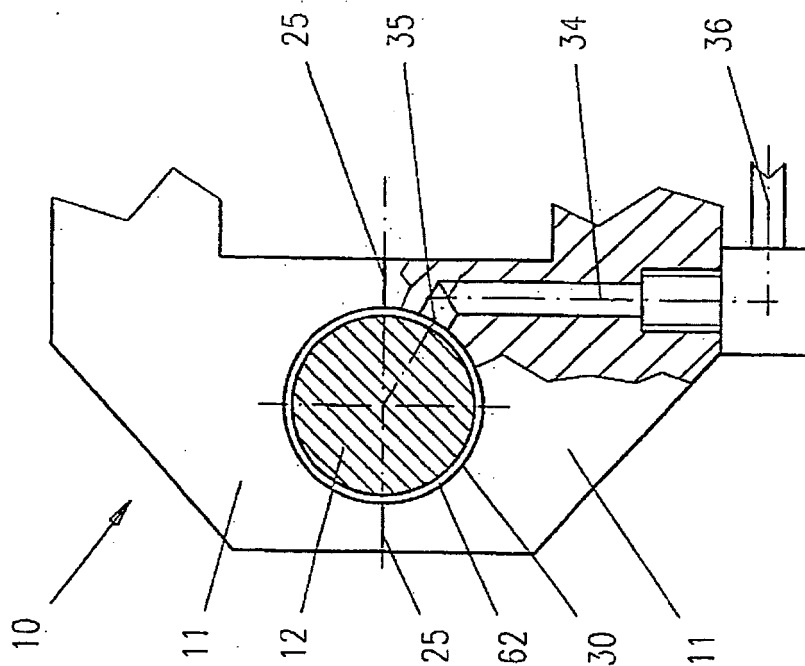


Fig. 6



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 OS1577369 A [0002]
- DE OS1627998 A [0005]
- EP 1298335 B1 [0005]
- DE 60210187 T2 [0005]
- DE 10232394 B4 [0006] [0018]
- DE 3240332 A1 [0018]