



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤① Int. Cl.³: B 23 Q 1/08
B 23 B 19/02

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



⑫ PATENTSCHRIFT A5

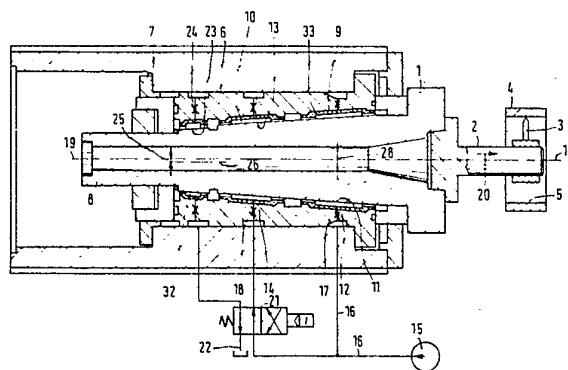
⑪

631 909

⑳ Gesuchsnummer:	9025/78	㉚ Inhaber:	Fürstlich Hohenzollernsche Hüttenverwaltung Laucherthal, Sigmaringen (DE)
㉑ Anmeldungsdatum:	25.08.1978		
㉓ Priorität(en):	25.08.1977 DE 2738400	㉛ Erfinder:	02 Erfinder haben auf Nennung verzichtet
㉔ Patent erteilt:	15.09.1982		
㉞ Patentschrift veröffentlicht:	15.09.1982	㉜ Vertreter:	Dr. Conrad A. Riederer, Bad Ragaz

㉞ Werkzeugmaschine mit hydrostatisch gelagerter Feindrehspindel.

㉞ Die Hydrostatiklager (9, 10) sind als geschlossene Mehrtaschenlager ausgebildet. Wesentlich bei dieser Maschine ist nun, dass ein drittes Mehrtaschenlager (24) vorgesehen ist, welches mit einem Teil (23) der Spindel (1) zusammenwirkt, dessen Achse (26) zur gemeinsamen Achse der in den beiden Lager (9, 10) geführten Wellenteile um ein geringes Mass (25) exzentrisch angeordnet ist. Die Beaufschlagung eines der beiden Lager (9, 10) mit Tragflüssigkeit auf die Beaufschlagung der Exzenterlager mit Tragflüssigkeit ist umschaltbar.



PATENTANSPRÜCHE

1. Werkzeugmaschine für die Feinbearbeitung mit einer mit zwei koaxialen Teilen auf mindestens zwei axial in Abstand angeordneten, radialen Hydrostatiklagern mit gemeinsamer Achse gelagerten Werkzeugspindel, wobei die radialen Hydrostatiklager als geschlossene Mehrtaschenlager ausgebildet sind, dadurch gekennzeichnet, dass ein drittes geschlossenes, hydrostatisches radiales Mehrtaschenlager (24) vorgesehen ist, welches mit einem Teil (23) der Spindel (1) zusammenwirkt, dessen Achse (26) zur gemeinsamen Achse der beiden in den beiden erstgenannten Lagen geführten Wellenteile (11 und 13) um ein geringes Mass (25) exzentrisch angeordnet ist, und dass die Beaufschlagung eines der beiden erstgenannten Lager mit Tragflüssigkeit auf die Beaufschlagung des Exzenterlagers (24) mit Tragflüssigkeit umschaltbar ist.

2. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eines der beiden auf koaxiale Spindelteile wirkenden radialen Hydrostatiklager (12 und 14) zwischen dem anderen dieser beiden Lager und dem auf dem Exzenter der Spindel wirkenden dritten Lager (24) angeordnet ist.

3. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass alle drei Radiallager (12, 14, 24) koaxial angeordnet sind.

4. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Mass (25) der Exzentrizität des exzentrischen Wellenstückes (23) gegenüber der Achse (27) der beiden ersten Wellenstücke höchstens so gross ist, dass bei Betrieb des Exzenterlagers (24) das im ausgeschalteten Hydrostatiklager laufende Wellenstück noch frei geht.

5. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das auf das exzentrische Wellenstück (23) radial wirksame Exzenterlager (24) wechselweise mit dem nächstliegenden radial wirksamen Hydrostatiklager (14) an das Tragflüssigkeitssystem anschaltbar ist.

6. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das auf das exzentrische Wellenstück (23) radial wirksame Exzenterlager (24) wechselweise mit dem weiter abliegenden radial wirksamen Hydrostatiklager (12) an das Tragflüssigkeitssystem anschaltbar ist.

7. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass im Betrieb das werkzeugseitige radial wirksame Hydrostatiklager (12) stets mit Tragflüssigkeit beaufschlagt ist.

8. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das werkzeugseitige radial wirksame Hydrostatiklager (12) im Durchmesser und/oder in der Länge grösser ausgeführt ist als die beiden anderen Lager.

9. Werkzeugmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die konzentrischen Teile (11, 13) der Werkzeugspindel (1) konisch sind.

10. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Exzenterlager (24) auf der dem Werkzeug abgewandten Seite der beiden anderen Lager angeordnet ist.

11. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass alle drei hydrostatischen Radiallager in einem einstückig ausgeführten Lagerkörper (6) angeordnet sind.

12. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Lagertaschen (9, 10, 32) zusammen mit der Lagerbohrung aus einem giess- und aushärtbaren Epoxidharz bestehen.

13. Werkzeugmaschine nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass alle Kunststofflager direkt in den einstückig ausgeführten Lagerkörper (6) eingebracht sind.

14. Verfahren zur Herstellung der Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass alle drei Lager (12, 14, 24) über einen gemeinsamen Giessdorn (34) gegossen werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass auf den Giessdorn (34) Platten (9', 10', 32') aus Formwachs oder ähnlichem Formmaterial aufgeklebt sind, die die Negativform der Lagertaschen (9, 10, 32) aufweisen.

16. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das exzenterlagerseitige Zentrum (36) der Welle zum Schleifen des Exzenter um ein geringes Mass verschiebbar angeordnet ist.

17. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das exzenterlagerseitige Zentrum (36) zum Schleifen des Konus in einem später zu entfernenden Fortsatz (35) eingebracht ist, der eine elastisch verformbare Schwachstelle (37) aufweist, die durch mindestens zwei Schrauben (38, 39) wieder versteift ist.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass das exzenterlagerseitige Zentrum (36) zum Schleifen des konischen Wellenstückes (41) für das Exzenterlager mit exzentrischer Lage der Wellenachse (26) zur Achse (27) der beiden ersten Wellenstücke in seiner Exzentrizität durch zwei Schrauben (38 und 39) eingestellt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass zum Erreichen des exakten Radialspiels bei konischen Wellen Massringe (45 und 46) sowohl auf den Ausgiessdorn (34) als auch auf die Spindel (1) zum Einmessen der für die Funktion wichtigen axialen Anlauf- und Anschlagflächen (47 und 48) spielfrei aufgesetzt werden.

Die Erfindung betrifft eine Werkzeugmaschine mit hydrostatisch gelagerter Drehspindel nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wobei die Spindel vorzugsweise ferner in zwei axial wirksamen Hydrostatiklagern gelagert ist, die mit Umfang, also gegeneinander wirksam sind.

Die Vorteile derartiger Werkzeugmaschinen (dieser Anspruch soll hier auch Bearbeitungseinheiten umfassen) liegen vor allem darin, dass die Tragfähigkeit und die Ölpaltverformung unter Belastung weitgehend von der Drehzahl unabhängig sind, dass ferner Form- und Oberflächengenauigkeiten der miteinander wirkenden Lagersoberflächen weitestgehend vom Ölfilm ausgeglichen werden und dass durch den hohen Öltaschendruck sämtliche Lagerspalte stets hohlraumfrei mit Drucköl ausgefüllt sind, was zu hervorragenden Dämpfungseigenschaften und stabilem Lauf des Lagers beiträgt. Ferner ist durch den erzwungenen Öldurchfluss und über eine geeignete Ölrückkühlung eine einwandfreie Thermostabilität der Maschine möglich.

Alle diese Massnahmen und Merkmale tragen dazu bei, dass mit solchen Dreh- oder Ausdrehspindeln Oberflächen, Rundlaufgenauigkeiten und Formgenauigkeiten am Werkstück erzielt werden können, wie sie normalerweise nur mit Schleifen oder Superfinishen erreicht werden.

Zusammen mit Diamant- oder Keramikwerkzeugen werden den Schnittgeschwindigkeiten verwendet von mehreren hundert Metern pro Minute, weshalb beträchtliche Drehzahlen von mehreren tausend Umdrehungen pro Minute für die Drehspindeln verlangt werden. Hierbei können hohe Mass-

genauigkeiten und lange Standzeiten für die Werkzeugschneiden eingehalten werden.

Wegen der hohen zeitlichen Zerspanungsleistung solcher Werkzeugmaschinen werden oftmals bei Massenfertigung mit automatischem Programmablauf die Taktzeiten von Werkstück zu Werkstück äusserst kurz. Dies führte zu der Forderung, dass beispielsweise beim Bohrungsausdrehen die beim Stahlrückzug aus der zu bearbeitenden Bohrung im Eilgang erforderliche Stahlabhebung zur Vermeidung einer Rückzugrille bei voller Spindeldrehzahl erfolgt, damit ein Abbremsen und wieder Hochfahren der Drehmassen der Spindel und des Antriebs entfällt. Man spricht hier von einer sogenannten umlaufenden Stahlabhebung zur Verkürzung der Taktzeiten und zur Energieeinsparung. Man kann dieses Problem auf verschiedene Weise lösen. Zum Beispiel ist es möglich, das Bearbeitungswerkzeug an einem ausreichend biegeschlaffen Teil des Stahlhalters zu befestigen und diesen dann durch geeignete Mittel beim Stahlrückzug elastisch von der bearbeiteten Oberfläche weggerichtet auszulenken bei voller Drehzahl der Spindel.

Dieses Verfahren ist aufwendig und nicht konsequent, wenn man einerseits durch hohe Steifigkeit der Spindel und der Lagerung die Voraussetzung schaffen will, höchste Genauigkeiten zu erreichen, andererseits aber an der wichtigsten Stelle, nämlich in der Nähe des auf μm genau eingestellten Werkzeugs wieder Biegeschlaffheiten in Kauf nehmen muss.

Ferner ist die Reproduzierbarkeit der Stahlstellung für das nächste Werkstück nicht absolut sichergestellt, einmal durch die Schlaffstelle, zum anderen durch den erforderlichen mechanischen Anschlag, der der Verschmutzung und dem Verschleiss unterliegt.

Bei doppeltkonisch gleitgelagerten Spindeln ist versucht worden, das Problem dadurch zu lösen, dass beim Stahlrückzug eines der konischen Gleitlager axial nach aussen um einen geringen Betrag weggefahren wird, damit sich das Lagerspiel vergrössert. Ein über die umlaufende Spindel geschobenes Wälzlager zwingt dann über einen schwachen Exzenter die Spindel in eine Taumelbewegung, die zu einer umlaufenden Stahlabhebung führt. Abgesehen davon, dass dieses Verfahren sehr aufwendig ist, stecken in der Reproduzierbarkeit der exakten Spindellage über die Axialverschiebung der Lager ebenso viele Imponderabilien wie beim vorhin beschriebenen Lösungsweg. Ausserdem ist das Zu- und Wegschalten des Wälzlagers nicht verschleissfrei lösbar, und die Lebensdauer ist begrenzt.

Die Erfindung erlaubt bei einer Werkzeugmaschine mit einer hydrostatischen Spindellagerung eine absolut verschleissfrei umlaufende Stahlabhebung bei hundertprozentiger Reproduzierbarkeit der Lage der Werkzeugschneide unter Beibehaltung der Höchstmasse an mechanischer und lagerseitiger Steifigkeit und Dämpfung der Spindel. Hierbei ist gemäss dem Kennzeichen des Anspruchs 1 ein drittes geschlossenes hydrostatisches Mehrtaschenlager als Ausrücklager vorgesehen, welches radial auf ein weiteres Wellenstück der Spindel wirksam ist, dessen Achse zur Achse der beiden ersten Wellenstücke um ein geringes Mass exzentrisch angeordnet ist.

Vorteilhaft sind die beiden radial wirkenden Hydrostatiklager mit gemeinsamer Achse der zugehörigen Wellenstücke unmittelbar benachbart und das dritte mit exzentrischer Wellenachse vorgesehene Ausrücklager entweder links oder rechts davon angeordnet.

Die Exzentrizität der Achse des Wellenstückes am Ausrücklager hat vorteilhaft gegenüber der Achse der beiden ersten Wellenstücke maximal den Wert der Dicke des radialen Ölspalts des benachbarten radial wirksamen Hydrostatiklagers.

Die Stahlabhebung und das Zurückgehen in die Arbeitsstellung der Spindel wird nun durch eine Taumelbewegung der Arbeitsspindel dadurch erreicht, dass das auf das exzentrische Wellenstück radial wirksame Ausrücklager wechselweise mit dem unmittelbar benachbarten radial-wirksamen Hydrostatiklager an das Hydraulikdrucksystem koppelbar ist.

Hierbei muss die Werkzeugschneide bei der Bohrungsbearbeitung auf der dem Exzenter entgegengesetzten Seite der Spindel angebracht werden und bei der Umfangsbearbeitung auf der Seite des Exzenter. Es ist auch möglich, das Ausrücklager wechselweise mit dem nicht unmittelbar benachbarten radial-wirksamen Lager an das Hydraulikdrucksystem zu koppeln. In diesem Falle ergibt sich ein grösserer Beitrag der Stahlabhebung wegen der veränderten Hebelverhältnisse.

Am zweckmässigsten ist jedoch, dass das werkzeugseitige radial wirksame Lager stets mit dem Hydraulikdrucksystem gekoppelt ist und dieses somit als Drehpunkt oder Knoten für die Taumelbewegung wirkt. Aus diesem Grunde und aus Gründen der Biegesteifigkeit der Spindel und der Belastbarkeit am Werkzeug wird es bevorzugt, dass das werkzeugseitige Lager im Durchmesser und/oder in der Länge grösser ausgeführt ist als die beiden anderen Lager.

Am besten ist die Welle als Konus ausgeführt, wobei das dickere Ende des Konus auf der Werkzeugsseite ist. Hierbei ist dann zweckmässig das Ausrücklager auf der Antriebsseite, also der entgegengesetzten Seite angeordnet.

Die Vorteile einer derartigen Feindrehspindel sind beträchtlich. Die Forderung nach aussergewöhnlich steifer Ausführung der Spindelkonstruktion und der Lagerung für ein Höchstmass an Arbeitsgenauigkeit ist hier in konsequenter Weise auch bei der Ausrüstung der Bearbeitungsspindel mit umlaufender Stahlabhebung voll erfüllt.

Als erste und wichtigste Forderung ist eine absolute Reproduzierbarkeit der Stellung, der Tragfähigkeit, der Steifigkeit und der Dämpfungseigenschaft der Spindel in der Arbeitsstellung sichergestellt, wie dies bei den bekannten Lösungen nicht der Fall ist. Ebenso absolut ist bei der Spindel die Verschleissfreiheit, weil in keinem Zustand und auch zu keinem Zeitpunkt an irgendeiner Stelle der sich relativ zueinander drehenden Teile eine metallische Berührung der Gleitflächen stattfindet. Tragendes Element aller Lagerstellen ist nur die Tragflüssigkeit, also in der Regel Öl, das entsprechend seinem Alterungszustand als verschleissendes Maschinenelement problemlos erneuert werden kann. Bei richtiger Auslegung ist somit auch jegliche Ermüdung von Werkstoffen durch Oberflächen-, Biege- oder Schubbeanspruchung ausgeschlossen, da das Öl alle diese Beanspruchungen übernimmt. Da das Ausrücklager nur in Funktion tritt, wenn die Werkzeugschneide ausser Aktion ist, ist seine Tragfähigkeit und Steifigkeit von untergeordneter Bedeutung.

Somit können seine Dimensionen klein ausgeführt werden und die an das Lager gestellten Genauigkeits- und mechanischen Forderungen sind gering. Es hat lediglich die Aufgabe, die durch den geringen Exzenter bedingten Massenkräfte der taumelnden Spindel beim Stahlrückzug aufzunehmen und dafür zu sorgen, dass am benachbarten drucklosen Hauptlager keine Berührung der Welle an der Lageroberfläche stattfindet. Da eine Stahlabhebung nur bei Feinbearbeitung in Frage kommt, genügt eine Abhebung von nur wenigen hundertstel Millimetern, so dass die erforderliche Exzentrizität des Ausrückwellenstückes entsprechend klein ist. Der bauliche Mehraufwand einer derartigen Stahlabhebung ist sehr gering. Weitere vorteilhafte Merkmale und Hinweise zur Herstellung der Bauteile gehen aus den

Ansprüchen in Verbindung mit der Beschreibung und der Zeichnung hervor.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand der Zeichnung eines Ausführungsbeispiels näher erläutert, hierbei zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch die Spindellagerung der Werkzeugmaschine mit angedeutetem Werkzeug und Werkstück einschliesslich schematischer Darstellung der Ölversorgung in der Arbeitsstellung,

Fig. 2 einen Längsschnitt wie Fig. 1 in der abgehobenen Stahlstellung,

Fig. 3 die Querschnitte der radial wirksamen Hauptlager und des Ausrücklagers, das wechselweise mit dem Öldrucksystem verbunden wird,

Fig. 4 einen Längsschnitt durch die Ausgiessvorrichtung zur Herstellung des erfindungsgemässen Lagers,

Fig. 5 eine Ansicht des Giessdornes mit aufgeklebten Wachsplatten als Negativform der inneren Lagerkontur,

Fig. 6 einen Längsschnitt durch die Arbeitsspindel im vorbearbeiteten Zustand zur Herstellung des Ausrückexzenters auf der Welle und

Fig. 7 einen Querschnitt durch Fig. 6 entlang der Linie A-A.

In Fig. 1 ist die Arbeitsspindel 1 zusammen mit dem Werkzeughalter 2 und dem Werkzeug (Drehstahl oder Drehdiamant) 3 zur Bearbeitung des Werkstückes 4 in seiner Bohrung 5 im Lagergehäuse 6 hydrostatisch radial und axial gelagert. Diese Lagerung sitzt in einem Drehspindelstock 7 und ist entweder in diesem oder zusammen mit diesem in Achsrichtung längsverschieblich gelagert zur Bearbeitung von in der Regel zylindrischen Oberflächen. Der Drehantrieb für die Arbeitsspindel 1 erfolgt am links dargestellten Kupplungsende 8 und ist auf der Zeichnung nicht dargestellt. Die hydrostatische Lagerung geschieht in bekannter Weise dadurch, dass in der Lagerbohrung Umfangstaschen 9 und 10 vorgesehen sind, wobei aus Gründen der Isotropie des Lagers in der Regel mindestens 4 Taschen am Umfang gleichmässig verteilt sind. Auf diese Weise entsteht zusammen mit einem dicken ersten Wellenstück 11 ein werkzeugseitiges Hauptspindellager 12 und zusammen mit einem in der Regel etwas dünneren zweiten Wellenstück 13 ein mittleres Hauptspindellager 14. Die Taschen 9 und 10 dieser Hauptlager sind in der Bearbeitungsphase mit dem Hydraulikdrucksystem bzw. mit der Pumpe 15 durch Rohrleitungen 16 über Vordrosseln 17 und 18 verbunden. Die Spindel 1 dreht sich somit mit den schon beschriebenen Eigenschaften um ihre Hauptachse 19, die zugleich identisch ist mit der Achse der beiden ersten Wellenstücke 11 und 13. In dieser Stellung gemäss Fig. 1 bearbeitet der Drehstahl eine Zylinderfläche (Bohrung) 5 des Werkstücks mit einer höchstmöglichen Genauigkeit und Oberflächengüte. Die bevorzugt konisch ausgebildete Spindel sichert dem System ein Maximum an Biege- und Ölfilmsteifigkeit, da am werkstückseitigen Hauptlager 12 die Welle das grösste Biegeträgheitsmoment besitzt und das Lager dort entsprechend seinem grossen Durchmesser die grösste Tragfähigkeit und Steifigkeit aufweist.

Die axiale Bewegungsrichtung der Spindel beim Bearbeiten des Werkstücks ist mit einem Pfeil 20 angedeutet. Die Lagertaschen 9 des werkstückseitigen Hauptlagers sind ständig mit dem Drucksystem der Hydraulik verbunden, wogegen die Taschen 10 des kleineren Hauptlagers über einen Dreiwegeschieber 21 auch mit dem Ölrückflusssystem 22 in Verbindung gebracht werden kann. Das Ausrücklager 24 ist bei dem in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiel links anschliessend an die beiden Hauptlager 12 und 14 auf der dem Werkstück 4 abgewandten Seite angeordnet.

Am Ende des axialen Arbeitshubes nach rechts wird der Drehstahl dadurch umlaufend ausser Schnitt gebracht

(Stahlabhebung), dass durch Umschalten des Dreiwegeschiebers 21 das kleinere Hauptlager 14 drucklos geschaltet wird bei gleichzeitigem Zuschalten des Ausrücklagers 24 an das Öldrucksystem.

In Fig. 2 ist dieser Betriebszustand dargestellt. Hierbei wird das Wellenstück 23 auf die Mittelachse des Gesamtlagers zentriert. Diese Zentrierung erfolgt mit verhältnismässig grosser Kraft und mit grosser Steifigkeit. Die Mittelachse 26 dieses Wellenstücks 23 fällt nunmehr mit der Hauptlagerachse 19 zusammen. Auf diese Weise erfolgt durch die Exzentrizität 25 eine Schiefelage der Hauptachse 27 der Spindelwelle etwa um den Mittelpunkt 28 des ständig mit dem Drucksystem verbundenen werkstückseitigen Hauptlagers 12. Da sich die Exzentrizität 25 mit derselben Winkelgeschwindigkeit dreht wie die Spindel selbst, entsteht eine erzwungene Kreiselbewegung der Spindel um den Punkt 28, wobei die Winkelgeschwindigkeit der Präcession gleich der Winkelgeschwindigkeit der Spindel um ihre Hauptachse ist.

Am Werkzeug entsteht auf diese Weise ebenfalls eine umlaufende Exzentrizität 29, die bei richtiger Anordnung der Werkzeugschneide 31 einen verkleinerten Hüllkreisdurchmesser 30 des Werkzeugs ergibt. Bei dieser Gelegenheit soll gleich darauf hingewiesen werden, dass es auch möglich ist, bei der Bearbeitung von Aussenzylinderflächen eine umlaufende Stahlabhebung zu erzielen. In diesem Falle muss die Werkzeugschneide an der gegenüberliegenden Seite, also um 180° um die Hauptspindelachse 27 verdreht angeordnet werden.

Mit diesem verkleinerten (oder vergrösserten) Hüllkreisdurchmesser der Werkzeugschneide kann nun im Eilgang bei voller Drehzahl die Spindel wieder die axiale Ausgangsposition einnehmen ohne dass die feinbearbeitete Oberfläche des Werkstücks 4 von der Schneide 31 berührt und somit beschädigt wird.

Die Bewerkstelligung dieser Vorgänge ist völlig unproblematisch und kann mit lauter bekannten technischen Mitteln voll automatisiert werden. Wegen der erforderlichen geringen Exzentrizität ist die vom Ausrücklager 24 aufzubringende Massenkraft sehr klein, weshalb sehr grosse Drehzahlen möglich sind. Da es sich meistens um Feinbearbeitungsspindeln handelt, ist der Spandruck und somit die Durchbiegung der Spindel 1 und des Werkzeughalters 2 sehr klein. Ein Exzentermass von wenigen hundertstel Millimetern ist für die Stahlabhebung darum völlig ausreichend. Dieser kleine Rundlaufschlag kann von jeder guten flexiblen Kupplung beim Drehantrieb aufgenommen werden, zumal dieser Schlag nicht während der Feinbearbeitung, also nicht unter Last auftritt.

Der Kostenaufwand für die Herstellung dieser erfindungsgemässen Anrückspindel ist nur unwesentlich grösser als für eine hydrostatische Spindel ohne Stahlabhebung.

Wie man anhand von Fig. 3 erkennen kann, sind acht Lagertaschen 9 und 10 erforderlich, wenn das in dieser Figur links dargestellte Ausrücklager 24 nicht vorhanden ist. Für eine rationelle Herstellung dieser Mehrtaschenlager sind geeignete Epoxidharze 33 entwickelt worden, die es ermöglichen, alle Taschen gleichzeitig zu erzeugen durch gemeinsames Ausgiessen des gesamten Lagers. Ohne Schwierigkeiten können somit die vier weiteren Taschen 32 des Ausrücklagers 24 in einem Arbeitsgang untergebracht werden, indem alle Lager gleichzeitig über ein und denselben Giessdorn gegossen werden. Eine entsprechende Vorrichtung zum Ausgiessen solcher Vieltaschenlager zeigt Fig. 4 mit einer Ansicht des mit den Formplatten 9', 10' und 32' beklebten Giessdornes 34 in Fig. 5.

In Fig. 6 ist links der später zu entfernende Fortsatz 35 dargestellt, der das ausrücklagerseitige Zentrum 36 enthält. Dieser Fortsatz besitzt etwa in der Mitte eine Schwachstelle

37, die an dieser Stelle eine hohe Biegeschlaffheit erzeugt. Diese Schwachstelle wird jedoch durch die beiden Schrauben 38 und 39 wieder versteift, besitzt jedoch auf diese Weise eine Einstellbarkeit im Rahmen der elastischen Verformbarkeit des Restquerschnitts der Schwachstelle. Beim Fertigschleifen der Spindelwelle wird nun so vorgegangen, dass der Hauptteil 40 der Welle genau auf Mass geschliffen wird. Hierbei wird auch der spätere Exzenterteil 41 mit überschleifen. Somit laufen zunächst alle Wellenpartien exakt rund zum Zentrum 36 und 42. Anschliessend wird nun mittels der Schrauben 38 und 39 das Zentrum 36 so lange exzentrisch verstellt, bis an der Stelle 41 ein Ausschlag der Messuhr in der Grösse der gewünschten Exzentrizität 25 erreicht ist. Jetzt kann das Wellenstück 23 für das Ausrücklager zwischen den Spitzen überschleifen werden, wobei mit ausreichender Genauigkeit die gewünschte exzentrische Lage dieses Wellenstücks gegenüber dem ersten Wellenstück 40 der Hauptlager 12 und 14 erreicht ist.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass die Exzentrizität 25 nicht grösser sein darf als der vorgesehene Ölspalt des benachbarten Hauptlagers 14, damit dort keine Berührung zwischen Welle und Lagerfläche in Anrückzustand auftreten kann.

Ferner ist es bei einer, wie in der Zeichnung als Beispiel angenommen, konischen Welle zweckmässig, dass der Öl-

spalt 43 des Ausrücklagers 23 um das Mass der Exzentrizität 25 grösser gehalten wird als beim benachbarten Hauptlager 14. Dann kann nämlich der Giessdorn 34 auf die ganze Länge mit ein und demselben geschliffenen Kegel ausgeführt werden, d. h., es wird mit einer auf die ganze Lagerlänge glatten konischen Bohrung gearbeitet. An der Spindel bedeutet dies, wie in Fig. 7 dargestellt, dass die Kegeloberfläche des Exzenterteils 41 die verlängerte Kegeloberfläche des Wellenstücks 40 an der Stelle 44 berührt.

Schliesslich ist für eine einwandfreie Funktion der erfindungsgemässen hydrostatischen Bearbeitungsspindel die exakte Einhaltung der Ölspalte erforderlich. Aus diesem Grunde wird bevorzugt eine konische Welle vorgeschlagen, weil hier durch axiale Verschiebung eine radiale Feineinstellung der Laufspiele bzw. der Ölspalte möglich ist. Zur Abstimmung der axialen Bezugsmasse zwischen Lagerbohrung und Arbeitsspindel dienen zwei Lehrmassringe 45 und 46, die sowohl auf die Arbeitsspindel 1 als auch auf den Giessdorn 34 geschoben werden zum exakten Einmessen der für die Axiallage der Spindel 1 im Lager verantwortlichen Axiallagerflächen 47 in Fig. 6 und 48 und 49 in Fig. 4.

Auf diese Weise ist es möglich, die Ölspalte innerhalb einer Toleranz von wenigen tausendstel Millimetern zu halten.

Fig.1

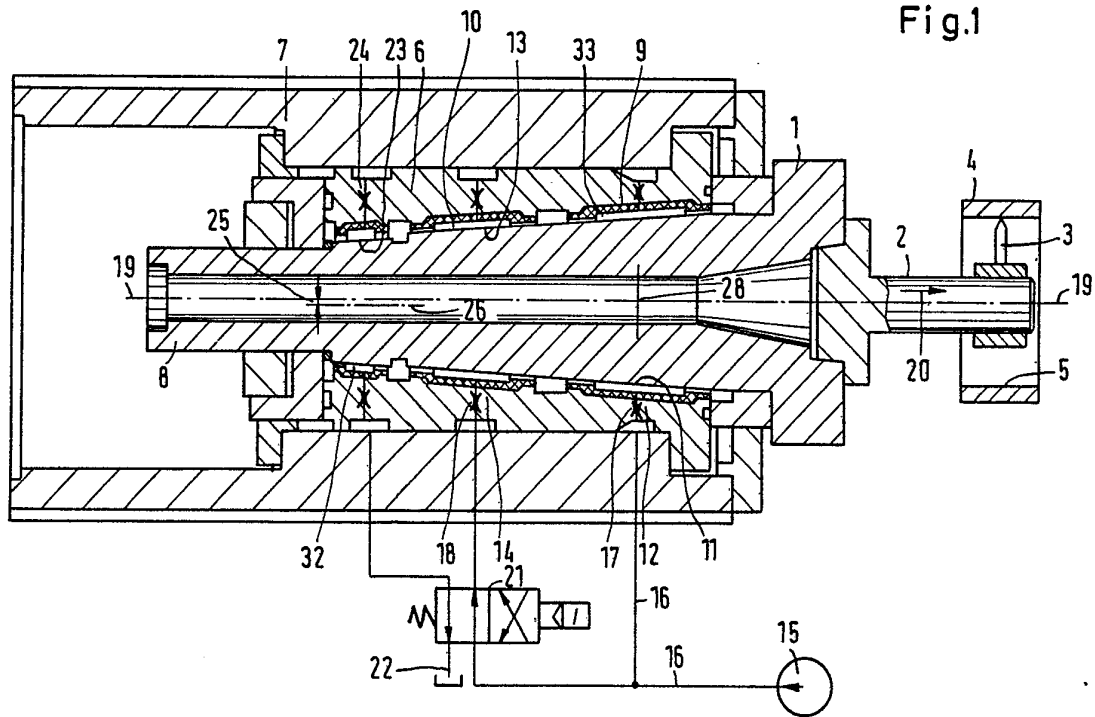
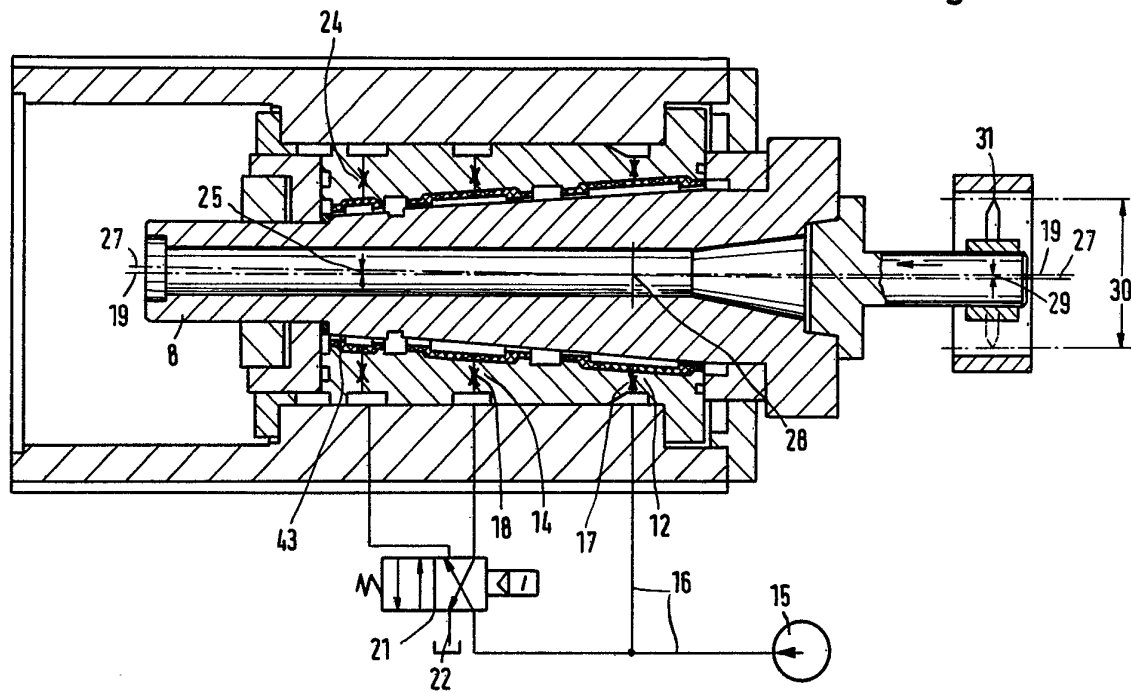


Fig.2



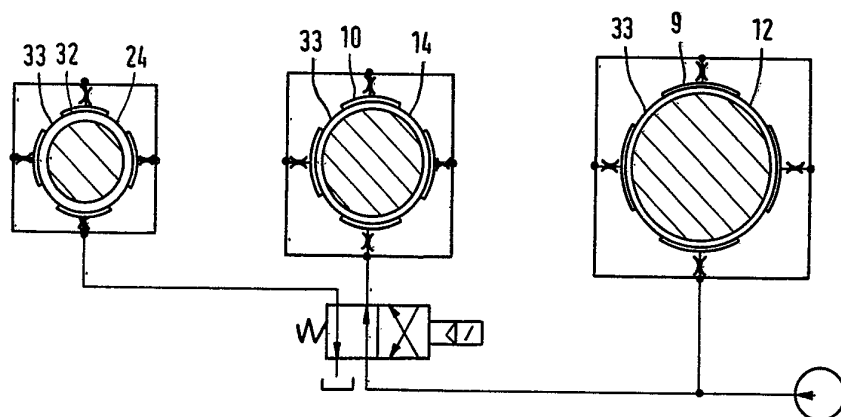


Fig.3

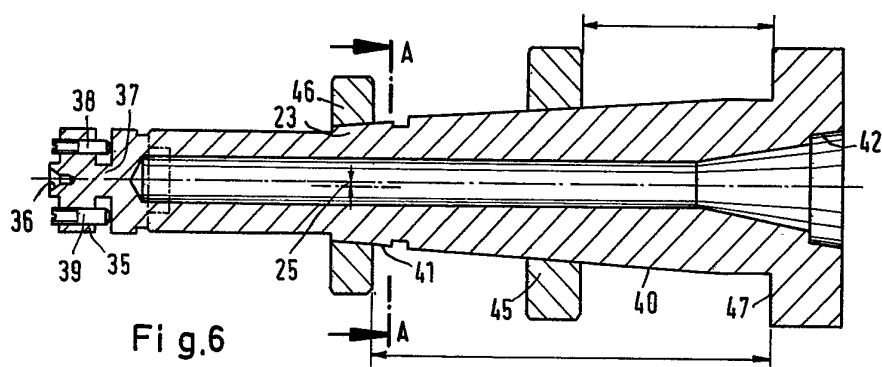


Fig.6

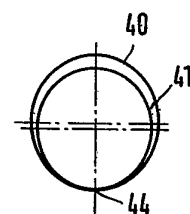


Fig.7

Fig.4

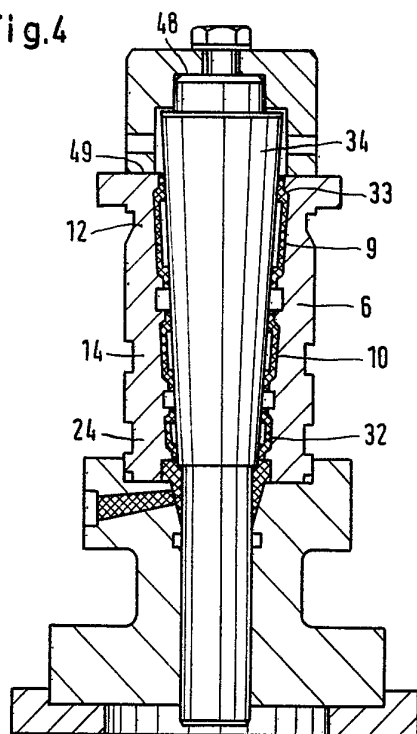


Fig.5

