



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 060 237 A1** 2008.08.28

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 060 237.4**

(22) Anmeldetag: **20.12.2006**

(43) Offenlegungstag: **28.08.2008**

(51) Int Cl.⁸: **B23F 1/06** (2006.01)

B23Q 1/01 (2006.01)

B23Q 1/26 (2006.01)

B23Q 16/02 (2006.01)

(61) Zusatz zu:
10 2005 061 613.5

(71) Anmelder:
**Ehinger Gießerei und Werkzeugmaschinenfabrik
GmbH, 89584 Ehingen, DE**

(72) Erfinder:
Mayer, Helmut K., 72766 Reutlingen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE10 2006 020682 A1

DE 199 46 424 A1

DE 35 27 966 A1

FR 11 91 564

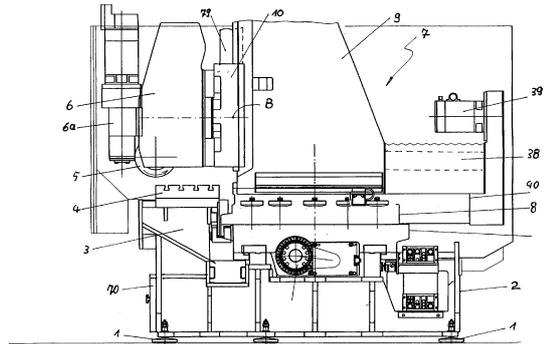
US 45 43 020

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Werkzeugmaschine zum Bearbeiten von Verzahnungen**

(57) Zusammenfassung: Bei einer Werkzeugmaschine zum Bearbeiten von Verzahnungen mit einem gegenüber einem Aufspanntisch (4) verfahrbaren Maschinenständer (7), der aus mehreren, gegeneinander bewegbaren Schlitten (8, 9, 10, 11) besteht und einen zumindest ein Bearbeitungswerkzeug (5) enthaltenden Spindelkopf (6) trägt, lässt sich dadurch eine rationelle Bearbeitung von einen gekrümmten Verlauf aufweisenden Verzahnungen erreichen, dass das Bearbeitungswerkzeug (5) um eine horizontale, quer zur Tischlängsrichtung verlaufende Drehachse (B) schwenkbar ist, wobei der dem Bearbeitungswerkzeug (5) zugeordnete Spindelkopf (6) um die Drehachse (B) schwenkbar an einem zugeordneten Schlitten (10) gelagert, mittels einer steuerbaren Antriebseinrichtung (71) antreibbar und mittels einer steuerbaren Spanneinrichtung (66) gegenüber dem Schlitten (10) fixierbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Werkzeugmaschine zum Bearbeiten von Verzahnungen, insbesondere eine nach dem Fahrständerprinzip aufgebaute Werkzeugmaschine zum Fräsen und/oder Schleifen von Zahnstangen, mit wenigstens einem gegenüber einem Aufspanntisch verfahrbaren Maschinenständer, der aus mehreren, gegeneinander bewegbaren Schlitzen besteht und wenigstens einen zumindest ein Bearbeitungswerkzeug enthaltenden Spindelkopf trägt, insbesondere nach Patent... (Patentanm. 10 2005 061 613.5-14.)

[0002] Bei den gebräuchlichen Anordnungen dieser Art ist der Spindelkopf vielfach fest am zugeordneten Schlitten angebracht. Dabei können daher nur Verzahnungen mit lotrecht zum Aufspanntisch ausgerichteten Zähnen hergestellt werden. Konkaven oder konvexen Flächen zugeordnete Verzahnungen, deren Zähne um einen Teilungswinkel gegeneinander geneigt sind, können hiermit nicht hergestellt werden.

[0003] Es sind auch bereits Anordnungen oben genannter Art vorgeschlagen worden, bei denen der Spindelkopf um eine horizontale Drehachse verdrehbar ist. Zum Verdrehen ist dabei jedoch ein manuell betätigbarer Spindeltrieb vorgesehen. Die Fixierung des Spindelkopfes gegenüber dem zugeordneten Schlitten erfolgt durch manuell anziehbare Spannschrauben. Hierbei können daher die Verdrehung und die Verspannung nur manuell erfolgen. Dies erweist sich jedoch für die Herstellung einer konvex oder konkav verlaufenden Verzahnung als viel zu umständlich, da für die Bearbeitung jeder Zahnflanke eine neue manuelle Einstellung erfolgen müsste.

[0004] Hiervon ausgehend ist es daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Anordnung eingangs erwähnter Art so zu verbessern, dass gekrümmt verlaufende Verzahnungen mit um einen Teilungswinkel gegeneinander geneigten Zähnen einfach und rationell bearbeitet werden können.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zumindest ein Bearbeitungswerkzeug um eine horizontale, quer zur Tischlängsrichtung verlaufende Drehachse schwenkbar ist, wobei der diesem Bearbeitungswerkzeug zugeordnete Spindelkopf um die horizontale Drehachse schwenkbar am zugeordneten Schlitten gelagert, mittels einer steuerbaren Antriebseinrichtung antreibbar und mittels einer steuerbaren Spanneinrichtung gegenüber dem zugeordneten Schlitten fixierbar ist.

[0006] Diese Maßnahmen ermöglichen eine automatische Verdrehung des Spindelkopfes um die horizontale Drehachse, was eine Automatisierung der Bearbeitung von konvex bzw. konkav verlaufenden Verzahnungen ermöglicht und daher eine rationelle

Arbeitsweise und damit eine gute Wirtschaftlichkeit ergibt. Mit den erfindungsgemäßen Maßnahmen werden daher die eingangs geschilderten Nachteile vollständig beseitigt.

[0007] Vorteilhafte Ausgestaltungen und zweckmäßige Fortbildungen der übergeordneten Maßnahmen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0008] Zweckmäßig ist der Spindelkopf mit einem die horizontale Drehachse enthaltenden, horizontalen Lagerzapfen versehen, der in eine Lagerbohrung des zugeordneten Schlittens eingreift und drehbar hierin gelagert ist, wobei hierfür zweckmäßig eine vorgespannte Schrägkugellageranordnung Verwendung finden kann. Die Zapfenlagerung ermöglicht in vorteilhafter Weise eine hohe Leichtgängigkeit und verhindert eine Kippgefahr bei gelöster Spanneinrichtung. Die vorgespannte Schrägkugellageranordnung gewährleistet trotz hoher Leichtgängigkeit die erwünschte Spielfreiheit. Die genannten Maßnahmen gewährleisten somit eine hohe Genauigkeit.

[0009] In weiterer Fortbildung der übergeordneten Maßnahmen können der Spindelkopf und der zugeordnete Schlitten mit radial außerhalb der Lageranordnung vorgesehenen, zur zweiten Drehachse konzentrischen, gegenseitigen Stützflächen versehen sein. Diese entlasten in vorteilhafter Weise die Zapfenlagerung und ermöglichen gleichzeitig eine zuverlässige, gegenseitige Anpressung zur kraftschlüssigen Fixierung des Spindelkopfes mittels der Spanneinrichtung.

[0010] Die dem Spindelkopf zugeordnete Spanneinrichtung kann vorteilhaft eine im Bereich der Stützfläche eines Bauteils umlaufende, hinterschnittene Nut und in diese eingreifende, durch auf dem jeweils anderen Bauteil angeordnete, steuerbare Spannzylinder betätigbare Halteköpfe aufweisen. Hiermit lassen sich hohe Spannkraft sowie eine einfache Steuerbarkeit und damit eine hohe Funktionssicherheit erreichen.

[0011] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der übergeordneten Maßnahmen kann darin bestehen, dass der Lagerzapfen gegenüber einem Flansch vorspringt und hiermit an den Spindelkopf angeflanscht ist und dass der Flansch im Bereich seines Umfangs mit einem Zahnkranz versehen ist. Die Verwendung eines angeflanschten Zapfens ermöglicht in vorteilhafter Weise eine einfache Bearbeitung der Lagerflächen und des dem Flansch zugeordneten Zahnkranzes. Mit diesem können ein Antriebsritzel und ein Messritzel einer auf dem Schlitten angeordneten Antriebseinrichtung bzw. Winkelmesseinrichtung im Eingriff sein, was eine einfache und kostengünstige Bauweise der Antriebseinrichtung und Winkelmesseinrichtung ergibt.

[0012] Zweckmäßig kann der genannte Flansch radial innerhalb des Zahnkranzes mit wenigstens einer Steuernut versehen sein, der wenigstens ein auf dem benachbarten Schlitten angeordneter Sensor zugeordnet ist. Durch Abtastung der Steuernut bzw. -nuten lassen sich beispielsweise gewünschte Endpunkte der Schwenkbewegung auf einfache Weise ermitteln bzw. die Schwenkrichtung auf einfache Weise feststellen, was den Aufbau einer elektronischen Steuereinrichtung vereinfachen kann.

[0013] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und zweckmäßige Fortbildungen der übergeordneten Maßnahmen sind in den restlichen Unteransprüchen angegeben und aus der nachstehenden Beispielsbeschreibung anhand der Zeichnung näher entnehmbar.

[0014] In der nachstehend beschriebenen Zeichnung zeigen:

[0015] [Fig. 1](#) eine Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine,

[0016] [Fig. 2](#) ein umfangsseitig verzahntes Zahnsegment mit einem zugeordneten, in verschiedenen Stellungen gezeichneten Bearbeitungswerkzeug,

[0017] [Fig. 3](#) einen Schnitt entlang der Linie III/III in [Fig. 1](#),

[0018] [Fig. 4](#) einen Ausschnitt der dem Spindelkopf zugeordneten, automatischen Spanneinrichtung,

[0019] [Fig. 5](#) eine Seitenansicht von mit Steuernuten des Flansches des Lagerzapfens zusammenwirkenden Sensoren und

[0020] [Fig. 6](#) eine Stirnansicht des mit Steuernuten versehenen Flansches.

[0021] Hauptanwendungsgebiet der Erfindung sind Zahnstangenfräsmaschinen und/oder Zahnstangenschleifmaschinen.

[0022] Die in [Fig. 1](#) dargestellte Zahnstangen-Bearbeitungsmaschine enthält ein als Guss- oder Schweißformling ausgebildetes, mit Standfüßen 1 versehenes Maschinenbett 2, das im Bereich einer Längsseite mit einer Konsole 3 für einen hierauf befestigten, stationären Aufspanntisch 4 versehen ist. Selbstverständlich könnten auch mehrere parallele Aufspanntische vorgesehen sein. Bei den auf dem Aufspanntisch 4 aufnehmbaren Zahnstangen handelt es sich um vergleichsweise lange Werkstücke. Der Aufspanntisch 4 und dementsprechend die diesen aufnehmende Konsole 3 des Maschinenbetts 2 sind daher entsprechend lang ausgebildet. Die auf dem Aufspanntisch 4 aufspannbaren, hier nicht näher dargestellten Werkstücke werden mittels eines Bearbei-

tungswerkzeugs 5 bearbeitet, das auf einem dem Aufspanntisch 4 übergreifenden Spindelkopf 6 aufgenommen ist. Im dargestellten Beispiel sind zwei aneinander angebrachte Spindelköpfe 6, 6a vorgesehen, die mit unterschiedlichen Werkzeugen bestückt sein können.

[0023] Zur Aufnahme des Spindelkopfes 6 bzw. der Spindelköpfe 6, 6a ist ein als Ganzes mit 7 bezeichneter Maschinenständer vorgesehen, der im Bereich neben dem Aufspanntisch 4 auf dem Maschinenbett 2 angeordnet ist. Selbstverständlich können auch mehrere, vorzugsweise zwei in Längsrichtung des Aufspanntisches 4 gegeneinander versetzte Maschinenständer vorgesehen sein. Der Maschinenständer 7 besteht aus mehreren, gegeneinander verschiebbar aufeinander aufgenommenen Schlitten 8, 9, 10, 11. Der Maschinenständer 7 besitzt hier vier Schlitten, 8, 9, 10, 11. Jeder Schlitten 8, 9, 10, 11 ist einer Längs- oder Drehbewegung des Bearbeitungswerkzeugs 5 zugeordnet. Der unterste, auf dem Maschinenbett 2 gelagerte Schlitten 8 ist der in Längsrichtung des Aufspanntisches verlaufenden Richtung, die als x-Richtung eines Raumkoordinatensystems definiert wird, zugeordnet. Der Schlitten 8 wird dementsprechend im Folgenden als x-Schlitten bezeichnet. Der auf dem x-Schlitten aufgenommene Schlitten 11 ist um eine vertikale Achse A drehbar. Der Schlitten 11 wird dementsprechend als Drehschlitten bezeichnet. Der auf dem Drehschlitten 11 aufgenommene Schlitten 9 ist in Richtung der quer zur x-Richtung verlaufenden y-Richtung verschiebbar angeordnet. Der Schlitten 9 wird dementsprechend als y-Schlitten bezeichnet. Der auf diesem aufgenommene Schlitten 10 ist in Richtung der vertikalen z-Richtung verschiebbar angeordnet und wird dementsprechend als z-Schlitten bezeichnet. Dieser trägt im dargestellten Beispiel den Spindelkopf 6, an dem hier ein weiterer Spindelkopf 6a angebracht ist.

[0024] Zur Herstellung einer ebenen Geradverzahnung genügen die durch den x-Schlitten 8, y-Schlitten 9 und z-Schlitten 10 gegebenen Verschiebmöglichkeiten in Richtung der drei Achsen eines Raumkoordinatensystems. Zur Herstellung einer ebenen Schrägverzahnung ist die durch den Drehschlitten 11 gegebene Drehbewegung um die lotrechte Achse A vorgesehen.

[0025] Es kann jedoch vorkommen, dass eine gekrümmte, z. B. konvexe oder konkave Fläche, wie die Peripherie eines in [Fig. 2](#) angedeuteten Segments 51 mit einer Verzahnung versehen werden muss, wobei die einander benachbarten Zähne jeweils um einen Teilungswinkel gegeneinander gekippt sind. Hierzu ist eine Schwenkbarkeit des Bearbeitungswerkzeugs 5 um eine zweite Schwenkachse bildende horizontale Achse B erforderlich, wie aus [Fig. 2](#) ersichtlich ist. In [Fig. 2](#) ist das Bearbeitungswerkzeug 5 in mehreren Stellungen angedeutet und

zwar in einer lotrechten Mittelstellung und zwei gegenüber der Mittelstellung um einen maximalen Winkel gekippten Endstellungen. Zweckmäßig beträgt der max. Winkelabstand zwischen den Endstellungen 45°.

[0026] Zur Bewerkstelligung der in [Fig. 2](#) angedeuteten Schwenkbarkeit des Bearbeitungswerkzeugs **5** ist der Spindelkopf **6** nach Art eines zweiten Drehschlittens um die horizontale, zur y-Achse parallele Schwenkachse B schwenkbar auf dem z-Schlitten **10** gelagert. Der Spindelkopf **6** bildet dabei, wie bereits ausgeführt, einen zweiten, der horizontalen Schwenkachse B zugeordneten Drehschlitten, dem wie den anderen Schlitten eine steuerbare Antriebs-einrichtung und wie dem ersten Drehschlitten **11** zusätzlich eine steuerbare Spanneinrichtung zugeordnet sind.

[0027] Der schwenkbar gelagerte Spindelkopf **6** ist, wie aus [Fig. 3](#) erkennbar, mit einem zur Drehachse B koaxialen Lagerzapfen **52** versehen, der in eine zugeordnete Lagerbohrung **53** des z-Schlittens **10** eingreift. Zur Erleichterung der Bearbeitung kann der z-Schlitten **10** mit einer hieran befestigten, die Lagerbohrung **53** enthaltenden Anbaukonsole versehen sein. Im dargestellten Beispiel ist ein einteiliger, d. h. anbaukonsolenloser, die Lagerbohrung **53** enthaltender z-Schlitten **10** vorgesehen. Der Lagerzapfen **52** ist so lang, dass eine kipffreie Anordnung gewährleistet ist. Zweckmäßig kann hierzu das Verhältnis von Länge zu Durchmesser 1,5 zu 1 betragen. Zur drehbaren Lagerung des Lagerzapfens **52** können Wälzlager vorgesehen sein, welche die gewünschte Leichtgängigkeit ergeben. Im dargestellten Beispiel sind hierzu zwei gegeneinander verspannte Paare von Schrägkugellagern **54** vorgesehen. Die Lager **54** sind zwischen einem rückwärtigen, an den Lagerzapfen **52** angeformten Bund **55** und einem vorderen, mit einem kleinen, zum Lagerzapfen **52** koaxialen Ansatz in das vorderste Lager **54** eingreifenden Deckel **56** eingespannt, der durch Spannschrauben **57** gehalten wird. Zwischen der Stirnseite des Lagerzapfens **52** und der gegenüberliegenden Stirnseite des vorstehend genannten Ansatzes besteht ein geringer Abstand, so dass durch Anziehen der Spannschrauben **57** die Lager **54** gegeneinander verspannbar sind.

[0028] Zur Erleichterung der Bearbeitung ist der Lagerzapfen **52** einem an den Spindelkopf **6** ansetzbaren Bauteil zugeordnet. Hierzu ist der Lagerzapfen **52** an eine Fußplatte **58** angeformt und hiermit am Spindelkopf **6** befestigt. Der Durchmesser der Fußplatte **58** ist größer als der Durchmesser des Lagerzapfens **52**, so dass sich ein gegenüber dem Lagerzapfen **52** in radialer Richtung vorspringender Flansch **59** ergibt, gegenüber dem der Lagerzapfen **52** in axialer Richtung vorspringt. Der Flansch **59** ermöglicht eine Anflanschung des Lagerzapfens **52** an

den Spindelkopf **6**. Hierzu sind Flanschschrauben **60** vorgesehen. Die Fußplatte **58** kann stirnseitig ange-setzt sein. Im dargestellten Beispiel ist der Spindelkopf **6** mit einer der Fußplatte **58** zugeordneten, stirnseitigen Ausnehmung versehen, in welche die Fußplatte **58** einlegbar ist. Dabei kann zur Sicherung in radialer Richtung ein Bund **61** vorgesehen sein, so dass der Flansch **59** in radialer Richtung Abstand zur radial äußeren Begrenzung der zugeordneten Ausnehmung des Spindelkopfes **6** aufweisen kann.

[0029] Zur Entlastung der Lagerung des Lagerzapfens **52** sind der Spindelkopf **6** und der diesen tragende z-Schlitten **10** mit radial außerhalb der Lageranordnung vorgesehenen, zur Drehachse B konzentrischen, gegenseitigen Stützflächen **62**, **63** versehen, die kranzförmig umlaufen und dementsprechend eine Drehkranzanordnung bilden. Die zur Fixierung des Spindelkopfes **6** am z-Schlitten **10** vorgesehene Spanneinrichtung enthält eine im Bereich einer Stützfläche, hier der spindelkopfseitigen Stützfläche **62**, vorgesehene, umlaufende Nut **64**, die gegenüber ihrem Eingang hinterschnitten ist. In die Nut **64** greifen T-förmige Halteköpfe **65** ein, die jeweils mittels eines zugeordneten, zweckmäßig als Federspannzylinder ausgebildeten Spannzylinders **66** betätigbar sind.

[0030] Die zur Bildung der Spannzylinder **66** vorgesehenen Federspannzylinder enthalten, wie aus [Fig. 4](#) ersichtlich ist, ein Tellerfederpaket **67**, durch welches der zugeordnete Spannkopf **65** angezogen wird und das mittels eines Kolbens **68** entlastbar ist. Zur Entlastung des Tellerfederpakets **67** und damit des zugeordneten Haltekopfes **65** wird der Kolben **68** auf der dem Tellerfederpaket **67** gegenüberliegenden Seite mit einem Druckmittel beaufschlagt, das über einen Anschluss **69** des Spannzylinders **66** zuführbar ist. Die Zufuhr des Druckmittels ist mittels einer programmierbaren Steuerung, die in einem in [Fig. 1](#) angedeuteten Steuerkasten **70** untergebracht sein kann, steuerbar. Die Steuerung erfolgt so, dass die Halteköpfe **65** zur Bewerkstelligung einer Schwenkbewegung des Spindelkopfes **6** um die horizontale Drehachse B gelöst und nach erfolgter Schwenkbewegung zur Fixierung des Spindelkopfes **6** gegenüber dem ihn tragenden z-Schlitten **10** angezogen werden.

[0031] Die zur Durchführung einer Schwenkbewegung des Spindelkopfes **6** um die Drehachse B vorgesehene Antriebseinrichtung enthält, wie am besten aus [Fig. 3](#) ersichtlich ist, ein durch einen mittels der oben genannten Steuereinrichtung steuerbaren Servomotor **71** antreibbares Antriebsritzel **72**, das im Eingriff mit einem zugeordneten Zahnkranz ist. Im dargestellten Beispiel sind der Servomotor **71** mit Antriebsritzel **72** auf dem z-Schlitten **10** angeordnet und der Zahnkranz **73** dem Spindelkopf **6** zugeordnet. Zur Bildung des Zahnkranzes **73** kann der Flansch **59** der Bodenplatte **58** umfangsseitig verzahnt sein. Der bei

jedem Schwenkschritt zurückgelegte Weg wird mittels einer Winkelmesseinrichtung erfasst. Diese enthält ein ebenfalls mit dem Zahnkranz **73** im Eingriff stehendes, im dargestellten, bevorzugtes Ausführungsbeispiel dem Antriebsritzel **72** diametral gegenüber liegend angeordnetes Messritzel **74**, das mit einem Drehgeber **74a** zusammenwirkt, der die aufgenommenen Ist-Werte an die oben genannte Steuereinrichtung liefert. Der das Messritzel **73** tragende Drehgeber **74a** sitzt wie der Antriebsmotor **71** auf dem z-Schlitten **10**.

[0032] Der Schwenkwinkel des Spindelkopfes **6** ist zweckmäßig, wie im Zusammenhang mit der [Fig. 2](#) bereits erwähnt wurde, auf maximale Winkelausschläge gegenüber der Mittelstellung beschränkt. In der Praxis reicht erfahrungsgemäß ein Gesamtschwenkwinkel von 90° aus, so dass sich gegenüber der Mittelstellung maximale Ausschläge von 45° ergeben. Sobald der maximale Ausschlag erreicht ist, erfolgt automatisch eine Passivierung der Antriebseinrichtung. Hierzu kann der schwenkbare Spindelkopf **6** mit einer abtastbaren Markierung versehen sein. Im dargestellten Beispiel ist hierzu, wie in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) dargestellt ist, der Flansch **59** radial innerhalb der Verzahnung **73** mit zwei voneinander distanzierteren Steuernuten **77** versehen, die mittels eines zugeordneten, auf dem z-Schlitten **10** angeordneten Sensors **78** abgetastet werden, der die aufgenommenen Werte an die Steuereinrichtung liefert. Zweckmäßig erfolgt eine berührungslose Abtastung. Hierzu kann der Sensor **78** einfach als induktiver Näherungsschalter ausgebildet sein. Die Steuernuten **77** sind um den zugelassenen, maximalen Schwenkwinkel von 90° voneinander distanzierter. Sobald der zugeordnete Sensor **78** eines der einander zugeordneten Nutenden ertastet, erfolgt automatisch eine Abschaltung des Antriebsmotors **71** mittels der genannten Steuereinrichtung.

[0033] Im dargestellten Beispiel sind, wie am besten aus [Fig. 6](#) erkennbar ist, eine weitere Steuernut **75** vorgesehen, der ein weiterer Sensor **76** zugeordnet ist. Beim Einschalten des Antriebsmotors **71** durch die Steuereinrichtung läuft dieser in derselben Drehrichtung, die er vor der letzten Passivierung hatte. Die Abtastung der Steuernut **75** ermöglicht es dabei der Steuereinrichtung, die Drehrichtung zu erkennen und die gewünschte Position anzufahren.

[0034] Die dem einen zweiten Drehschlitten bildenden Spindelkopf zugeordnete Antriebseinrichtung und Spanneinrichtung sind in der oben beschriebenen Weise durch die erwähnte Steuereinrichtung steuerbar. Auch den anderen Schlitten sind steuerbare Antriebseinrichtungen zugeordnet. Im Falle des ersten Drehschlittens **11** ist ebenfalls eine steuerbare Spanneinrichtung vorgesehen. Die dem ersten Drehschlitten **11** zugeordnete Antriebseinrichtung und Spanneinrichtung sind ähnlich wie die dem Spindel-

kopf **6** zugeordnete Antriebseinrichtung und Spanneinrichtung aufgebaut. Die dem x-Schlitten **8** zugeordnete Antriebseinrichtung ist in [Fig. 1](#) bei **15** angedeutet. Zweckmäßig handelt es sich dabei um einen in [Fig. 1](#) nur von der Stirnseite her sichtbaren Kugelrollspindeltrieb. Dieser besteht zweckmäßig aus einer in der x-Richtung verlaufenden Gewindespindel und einer mit dieser zusammenwirkenden Mutter, wobei die Spindel zweckmäßig stationär auf dem Maschinenbett **2** angeordnet und die Mutter zweckmäßig drehbar auf dem x-Schlitten gelagert sein können. Die Mutter wird mittels eines durch die genannte Steuereinrichtung steuerbaren, hier nicht näher sichtbaren Motors angetrieben. Zum Ausgleich von temperaturbedingten Längenänderungen der Spindel ist diese zweckmäßig mittels eines Tellerfederpakets in Längsrichtung gereckt. Dies gewährleistet die erwünschte hohe Genauigkeit.

[0035] Zum Antrieb des y-Schlittens **9** in y-Richtung kann ebenfalls ein in [Fig. 1](#) lediglich angedeuteter Kugelrollspindeltrieb **38** vorgesehen sein. Da der erforderliche Hub in y-Richtung gegenüber dem erforderlichen Hub in x-Richtung vergleichsweise klein ist, können hier die Spindel angetrieben und die Mutter stationär angeordnet sein. Die Mutter ist dabei auf dem y-Schlitten **9** aufgenommen und befestigt. Die Spindel samt zugeordnetem Antriebsmotor **39** sind, wie [Fig. 1](#) weiter erkennen lässt, auf dem Drehschlitten **11** angeordnet. Der Antriebsmotor **39** ist ebenfalls durch die erwähnte Steuereinrichtung steuerbar. Der Drehschlitten **11** besitzt zur Aufnahme des y-Schlittens **9** samt der diesem zugeordneten Antriebseinrichtung eine rückwärtige Auskragung **40**, an deren hinterem Ende eine hier nach oben abstehende Konsole angeordnet ist, auf welcher der Motor **39** angeordnet und die Spindel des Kugelrollspindeltriebs **38** gelagert sein können. Dieser kann mittels eines Faltenbalgs abgedeckt sein. Eine ähnliche Abdeckung kann auch für den dem x-Schlitten **8** zugeordneten Kugelrollspindeltrieb **15** vorgesehen sein.

[0036] Auch die dem z-Schlitten **10** zugeordnete, in [Fig. 1](#) lediglich angedeutete Antriebseinrichtung **79** ist mittels der erwähnten Steuereinrichtung steuerbar. Die dem z-Schlitten **10** zugeordnete Antriebseinrichtung **79** kann ähnlich wie die dem x- bzw. y-Schlitten zugeordneten Antriebseinrichtungen als mittels eines steuerbaren Motors antreibbarer Kugelrollspindeltrieb ausgebildet sein.

Patentansprüche

1. Werkzeugmaschine zum Bearbeiten von Verzahnungen, insbesondere nach dem Fahrständerprinzip aufgebaute Werkzeugmaschine zum Fräsen und/oder Schleifen von Zahnstangen, mit wenigstens einem gegenüber einem Aufspanntisch (**4**) verfahrbaren Maschinenständer (**7**) der aus mehreren, gegeneinander bewegbaren Schlitten (**8**, **9**, **10**, **11**) be-

steht und wenigstens einen zumindest ein Bearbeitungswerkzeug (5) enthaltenden Spindelkopf (6) trägt, insbesondere nach Patent (Patentanm. 10 2005 061 613.5-14) **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bearbeitung von einen gekrümmten Verlauf aufweisenden Verzahnungen zumindest ein Bearbeitungswerkzeug (5) um eine horizontale, quer zur Tischlängsrichtung verlaufende Drehachse (B) schwenkbar ist, wobei der diesem Bearbeitungswerkzeug (5) zugeordnete Spindelkopf (6) um die horizontale Drehachse (B) schwenkbar an einem zugeordneten Schlitten (10) gelagert, mittels einer von einer Steuereinrichtung steuerbaren Antriebseinrichtung (71) antreibbar und mittels einer von der Steuereinrichtung steuerbaren Spanneinrichtung (66) gegenüber dem zugeordneten Schlitten (10) fixierbar ist.

2. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der auf einem den festen Aufspanntisch (4) enthaltenden Maschinenbett (2) aufgenommene Maschinenständer (7) für Bewegungen des Bearbeitungswerkzeugs (5) in Längsrichtung der drei Achsen eines Raumkoordinatensystems und in Drehrichtung um eine vertikale Drehachse (A) eingerichtet ist, dass für jede der genannten Bewegungsmöglichkeiten ein mittels der Steuereinrichtung steuerbarer Schlitten (8, 9, 10, 11) vorgesehen ist, und dass auf dem dem Bearbeitungswerkzeug am nächsten platzierten, der vertikalen z-Richtung zugeordneten Schlitten (10) der nach Art eines zweiten steuerbaren Drehschlittens ausgebildete Spindelkopf (6) aufgenommen ist.

3. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Spindelkopf (6) einen die horizontale Drehachse (B) enthaltenden, horizontalen Lagerzapfen (52) aufweist, der in eine Lagerbohrung (53) des zugeordneten Schlittens (10) eingreift und drehbar hierin gelagert ist.

4. Werkzeugmaschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Lagerung des Lagerzapfens (52) eine vorgespannte Schrägkugellageranordnung (54) vorgesehen ist.

5. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schrägkugellageranordnung (54) zwischen einem Bund (55) des Lagerzapfens (57) und einem hieran mit Abstand festlegbaren Deckel (56) einspannbar ist.

6. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Spindelkopf (6) und der Schlitten (10) mit radial außerhalb der Lageranordnung vorgesehenen, zur Drehachse (B) konzentrischen, gegenseitigen Stützflächen (62, 63) versehen sind.

7. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die dem Spindelkopf (6) zugeordnete Spanneinrichtung eine im Bereich der Stützfläche (62) eines Bauteils umlaufende, hinterschnittene Nut (64) und in diese eingreifende, durch auf dem jeweils anderen Bauteil angeordnete, steuerbare Spannzylinder (66) betätigbare Halteköpfe (65) aufweist.

8. Werkzeugmaschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Nut (64) dem Spindelkopf (6) und die Spannzylinder (66) dem Schlitten (10) zugeordnet sind.

9. Werkzeugmaschine nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannzylinder (66) als mittels eines Druckmittels entlastbare Federspannzylinder ausgebildet sind.

10. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die dem Spindelkopf (6) zugeordnete Antriebseinrichtung einen im Bereich eines Bauteils vorgesehenen, zur horizontalen Drehachse (B) konzentrischen Zahnkranz (73) aufweist, mit dem wenigstens ein mittels eines auf dem anderen Bauteil angeordneten Antriebsmotors (71) antreibbares Antriebsritzel (72) im Eingriff ist.

11. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine mit der Steuereinrichtung (70) zusammenwirkende Winkelmesseinrichtung vorgesehen ist, die ein mit dem Zahnkranz (73) zusammenwirkendes Messritzel (74) aufweist, das einem mit der Steuereinrichtung (70) zusammenwirkenden, auf dem Schlitten (10) angeordneten Drehgeber (74) zugeordnet ist.

12. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Lagerzapfen (52) gegenüber einem Flansch (59) in axialer Richtung vorspringt und hiermit an den Spindelkopf (6) angeflanscht ist und dass der Zahnkranz (73) im Bereich des Umfangs des Flansches (59) vorgesehen ist.

13. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Spindelkopf (6) wenigstens eine in Drehrichtung verlaufende Markierung aufweist, die mittels eines zugeordneten Sensors (76, 78) tastbar ist.

14. Werkzeugmaschine nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Flansch (59) radial innerhalb des Zahnkranzes (73) mit wenigstens einer Steuernut (75 bzw. 77) versehen ist, der wenigstens ein als Näherungsschalter ausgebildeter Sensor (76 bzw. 78) zugeordnet ist.

15. Werkzeugmaschine nach Anspruch 14 dadurch gekennzeichnet, dass zwei Steuernuten (77) mit zugeordnetem Sensor (78) für eine Notausschaltung beim Erreichen der Grenzen des zugelassenen Schwenkwinkels und wenigstens eine weitere Steuernut (75) mit zugeordnetem Sensor (76) vorgesehen ist, anhand welcher beim Einschalten des Schwenkantriebs die Drehrichtung erkennbar ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

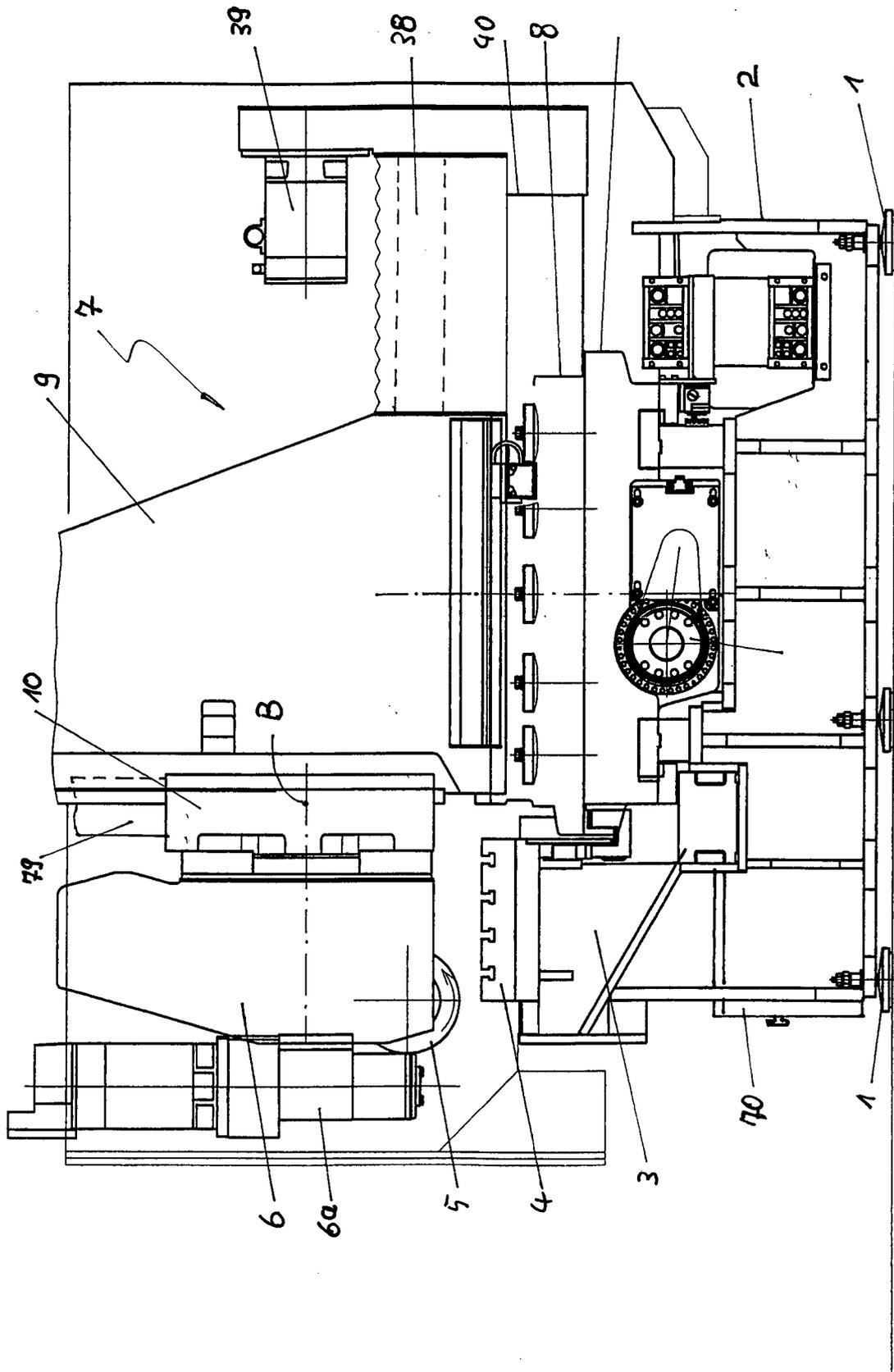


FIG. 2

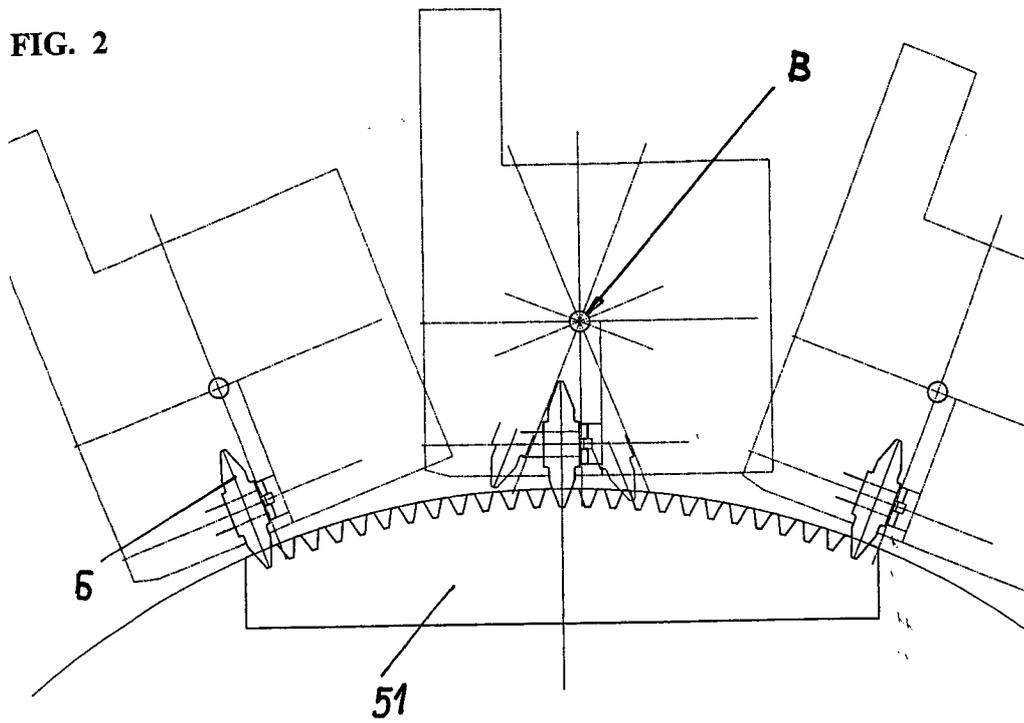


FIG. 4

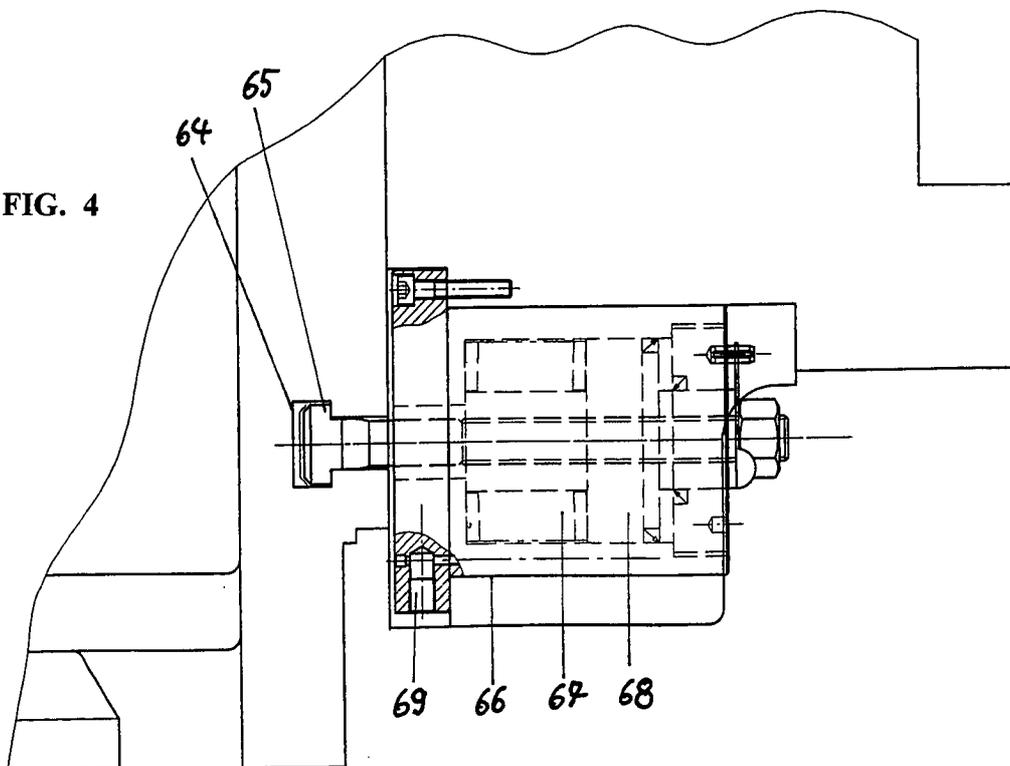


FIG. 3

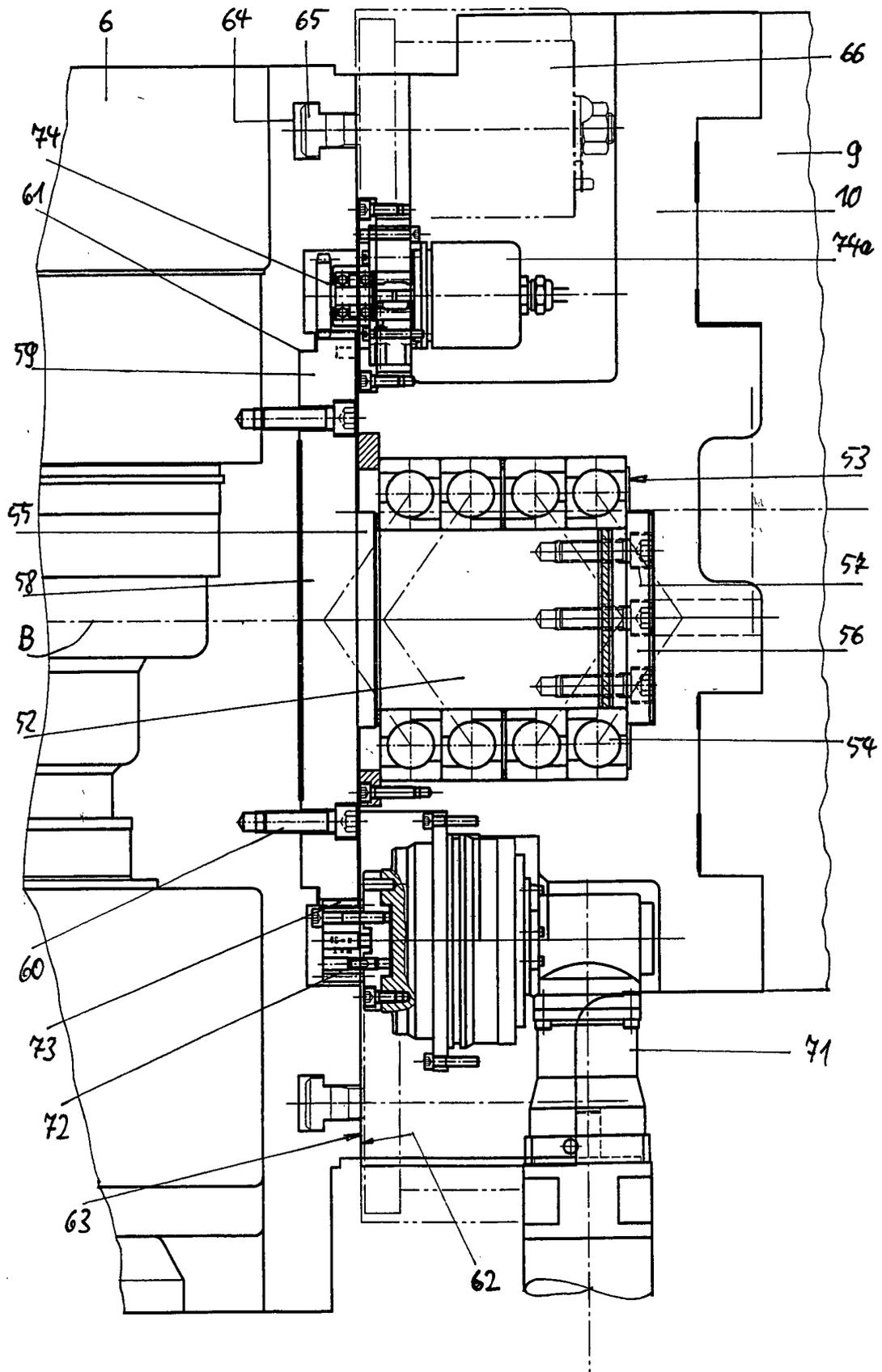


FIG. 5

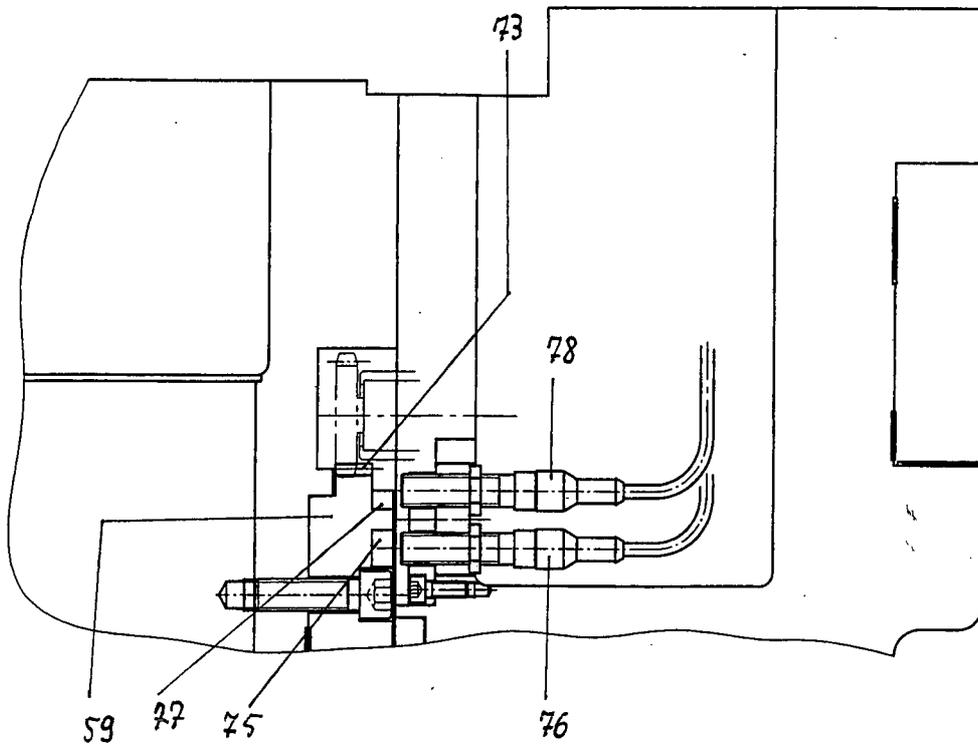


FIG. 6

