



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 16 862 T2** 2005.04.21

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 114 694 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 16 862.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP99/00971**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 905 331.7**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/51779**

(86) PCT-Anmeldetag: **26.02.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **08.09.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **11.07.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **28.04.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **21.04.2005**

(51) Int Cl.7: **B23Q 1/25**
B23Q 1/01, B23Q 1/48

(73) Patentinhaber:
**Mori Seiki Co., Ltd., Nara, JP; Intelligent
Manufacturing Systems International,
Sacramento, Calif., US**

(74) Vertreter:
**PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner GbR,
80801 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT

(72) Erfinder:
**SUGIMOTO, Yoshiaki, Yamatokoriyama-shi, Nara
639-1160, JP**

(54) Bezeichnung: **WERKZEUGMASCHINE**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Werkzeugmaschine, wie z. B. eine Drehbank, eine Fräsmaschine, ein Bearbeitungszentrum usw., mit einem Zuführsystem zur linearen Zuführung eines Werkzeugträgers, eines Werkzeugständers, eines Werkzeugschlittens, eines Werkzeugkastens und eines Schlittens zu einem Spindelkopf einem Tisch usw. entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wie er z. B. in US-A-4 658 485 offenbart wurde.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Eine übliche und allgemein verbreitete Werkzeugmaschine weist ein Zuführsystem auf, das aus einem linearen Zuführantriebsmittel, wie z. B. aus einer Kugelumlaufspindel usw. besteht, aus Zuführbewegungskörpern, wie z. B. einer Kugelmutter usw., die mit dem Zuführantriebsmittel in Eingriff steht und sich an diesen entlang bewegt, sowie Positionssensoren, wie einer sich drehenden Codiereinrichtung usw., um die Positionen der Zuführbewegungskörper entlang dem Zuführantriebsmittel zu ermitteln. Das Zuführsystem treibt den oben genannten Werkzeugträger usw. und den Schlitten, wie den Spindelkopf den Tisch usw. an, um sie linear zu bewegen.

[0003] Das Bearbeitungszentrum weist z. B. einen Tisch zur Befestigung eines zu bearbeitenden Gegenstandes auf (hier als Werkstück bezeichnet), eine Spindel, die drehbar gelagert ist und an ihrem vorderen Endteil ein Werkzeug halten kann, sowie drei Paare von Zuführsystemen, die den Tisch und die Spindel relativ zueinander und in den zueinander senkrecht stehenden drei Achsrichtungen bewegen können. Somit kann durch die relative Verstellung des Tisches und der Spindel in den oben genannten drei zueinander senkrecht stehenden Achsrichtungen durch den Antrieb der drei Paare des Zuführsystems, eine die dreidimensionale Bearbeitung des auf dem Tisch befestigten Werkstücks verwirklicht werden.

[0004] Die oben erwähnten drei Paare von Zuführsystemen sind so angeordnet, dass jedes Zuführantriebsmittel zueinander senkrecht angeordnet ist, wobei der Tisch durch die erste Zuführeinrichtung angetrieben wird, die mit den horizontalen Zuführantriebsmitteln versehen ist; die Spindel wird durch das zweite und dritte Zuführsystem angetrieben, deren Zuführantriebsmittel sowohl zueinander orthogonal als auch im rechten Winkel zu dem Zuführantriebsmittel der ersten Zuführeinrichtung stehen. Im allgemeinen besteht eine Zuführeinrichtung aus einem Zuführan-

triebsmittel, wobei der zuzuführende Schlitten ebenso wie der oben genannte Tisch durch eine solche Zuführvorrichtung angetrieben und ebenso durch lineare Führungsmechanismen (z. B. eine Rollführung und eine Gleitführung usw.) geführt wird, die zu beiden Seiten der Zuführantriebsmittel angeordnet sind, wobei sich der Schlitten entlang den linearen Führungsmechanismen bewegt.

[0005] Es gibt Werkstücke, die nicht nur vergleichsweise einfache Werkstückoberflächen, wie z. B. eine horizontale und eine vertikale Oberfläche aufweisen, sondern auch komplizierte Oberflächen, die eine komplexe Bearbeitung erfordern, wie z. B. eine geneigte oder gekrümmte Oberfläche.

[0006] Da indessen bei den üblichen Werkzeugmaschinen mit dem oben erwähnten Zuführsystem die Spindel so angetrieben wird, dass sie eine Parallelbewegung in einem dreidimensionalen Raum ausführt, wobei sie eine vorher festgelegte Stellung beibehält, d. h. da es unmöglich ist, die Spindel derart zu schwenken, dass das Spindelzentrum die Zuführrichtungen des Zuführsystems in schräger Richtung kreuzt, können Werkstücke mit den oben erwähnten komplizierten Oberflächen nicht bearbeitet werden.

[0007] Zur Lösung dieses Problems wurde ein Bearbeitungszentrum entwickelt, wie es in **Fig. 6** dargestellt ist. Wie in **Fig. 6** gezeigt ist, weist ein Bearbeitungszentrum **100** ein Bett **101**, ein Paar von Säulen **102** bzw. **102**, die zu beiden Seiten des Bettes aufgerichtet sind und einen Querträger **103** auf, der mit den oberen Enden der Säulen **102** und **102** horizontal verbunden ist.

[0008] Ein Tisch **105**, der durch die erste Zuführeinrichtung (nicht gezeigt) angetrieben wird und der den oben erwähnten Aufbau aufweist und sich in Richtung der mit dem Pfeil (X) bezeichneten X-Achse hin und her bewegt, ist auf dem Bett **101** montiert; weiter ist ein Sattel **106** vorgesehen, der durch die zweite Zuführeinrichtung (nicht gezeigt) angetrieben wird und diesen in der mit dem Pfeil (Y) angezeigten Richtung der Y-Achse wechselseitig bewegt und an der Vorderseite **103a** des Querträgers **103** angeordnet ist; außerdem ist ein Schlitten **107** vorhanden, der von der dritten Zuführeinrichtung (nicht gezeigt) angetrieben ist und diese wechselweise in der durch den Pfeil (Z) angezeigten Z-Richtung bewegt und der auf der Vorderseite des Sattels **106** angeordnet ist. Eine Kopfhalterung **108**, die von einer ersten sich drehenden Zuführeinrichtung (nicht gezeigt) angetrieben wird und die einen Antriebsmotor und ein Schneckengetriebe usw. aufweist und in der durch den Pfeil A angezeigten Richtung rotiert, ist auf der Vorderseite des Zuführschlittens **107** angeordnet. Ein Spindelkopf **111**, der an einer Lagerwelle **110** gelagert ist und von einer zweiten drehbaren Zuführeinrichtung (nicht gezeigt) angetrieben wird und einen

Antriebsmotor usw. aufweist, der in der Richtung des Pfeils B umläuft, ist zwischen einem Paar von Tragarmen **109**, **109** der Kopfhalterung **108** angeordnet. Der Spindelkopf **111** trägt eine rotierende Spindel **112**, die an ihrem vorderen Ende ein Werkzeug T hält und mit Hilfe eines geeigneten Antriebsmittels die Spindel **112** axial dreht, z. B. durch einen eingebauten Antriebsmotor (nicht gezeigt) usw.

[0009] Jede der oben erwähnten Zuführeinrichtungen (nicht gezeigt) und der Antriebsmittel (nicht gezeigt) werden beim Arbeiten durch eine Steuervorrichtung **113** gesteuert.

[0010] Bei dem Bearbeitungszentrum **100** mit den oben genannten Bestandteilen, kann der Tisch **105** und die Spindel **112** relativ zueinander in Richtung der X-Achse, der Y-Achse bzw. der Z-Achse dadurch bewegt werden, dass man jede der oben erwähnten Zuführeinrichtungen (nicht gezeigt) und Antriebsmittel (nicht gezeigt) über die Steuervorrichtung **113** antreibt und steuert; außerdem kann die Spindel **112** so verschwenkt werden, dass das Zentrum der Spindel die Antriebsrichtungen des Zuführsystems (nicht gezeigt) schräg kreuzen kann. Somit kann die Spindel **112** im dreidimensionalen Raum in einer geradlinigen und gekrümmten Bewegung bewegt werden. Deshalb können eine komplizierte Oberfläche aufweisende Werkstücke kontinuierlich zu einer Zeit bearbeitet werden, in der sie auf dem Tisch **105** befestigt sind.

[0011] Wie im Folgenden beschrieben wird, tritt in dessen in dem Bearbeitungszentrum **100**, das die oben beschriebene komplizierte Bearbeitung ermöglicht, ein anderer Fehler auf.

[0012] Die Kopfhalterung **108** und der Spindelkopf **111** werden durch das drehbare Zuführsystem angetrieben, das einen Antriebsmotor und ein Schneckengetriebe usw. aufweist, und die in den Richtungen der Pfeile A bzw. B rotieren, was zu einem komplizierten Aufbau führt; im Ergebnis wird somit der Mechanismus mit Rücksicht auf seine Festigkeit groß. Da das rotierende Zuführsystem zusätzlich in einem begrenzten Raum untergebracht werden muß, ist die Herstellung nicht einfach, wodurch sich die Herstellungskosten erhöhen. Es ist ebenso ein Problem der Genauigkeit, dass das mit dem Schneckengetriebe usw. versehene Zuführsystem viele Fehlerfaktoren, wie z. B. ein Spiel aufweist, das eine genaue Steuerung der Kopfhalterung **108** und des Spindelkopfes **111** verhindert.

[0013] Es ist ein allgemeiner Vorteil der vorliegenden Erfindung die oben genannten Probleme zu lösen und eine verbesserte Werkzeugmaschine zur Verfügung zu stellen, die einen zuzuführenden Werkzeugträger usw. und einen Schlitten geradlinig bewegen kann, wie z. B. einen Spindelkopf einen Tisch usw. und ein Zuführsystem zur Rotation des Schlit-

tens aufweist derart, dass dieser schräg die Richtungen der oben genannten geradlinigen Bewegungen kreuzt. Ein weiterer Vorteil besteht darin eine Werkzeugmaschine zur Verfügung zu stellen, die das oben beschriebene Zuführsystem aufweist, um Werkstücke mit einer komplizierten Oberfläche zu bearbeiten.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0014] Die oben genannten Vorteile werden durch die vorliegende Werkzeugmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 erzielt. Bei dieser Werkzeugmaschine weist das Zuführsystem einen ersten und einen zweiten Zuführmechanismus auf, die parallel zueinander und um einen vorbestimmten Zwischenraum zwischen sich voneinander beabstandet sind und folgende Merkmale enthalten: eine lineare Zuführantriebseinrichtung, einen Zuführbewegungskörper, der mit der Zuführantriebseinrichtung zur Bewegung längs der Zuführantriebseinrichtung in Eingriff steht und einen Positionssensor zur Erfassung von Stellungen des Zuführbewegungskörpers längs der Zuführantriebseinrichtung, eine erste und eine zweite Lagereinrichtung, die jeweils mit jedem Zuführbewegungskörper der ersten und der zweiten Zuführeinrichtung verbunden sind und den zuzuführenden Schlitten drehbar lagern und eine Kontrolleinrichtung zur unabhängigen Kontrolle der Zuführbewegungen der ersten und der zweiten Zuführeinrichtung, wobei wenigstens einer der Halteabschnitte der ersten und der zweiten Lagereinrichtung zum drehbaren Halten des zuzuführenden Schlittens derart vorgesehen ist, dass er sich in eine Richtung bewegt, in der sie sich voneinander trennen und der zuzuführende Schlitten entsprechend einer Differenz in der Bewegungsgröße der Zuführbewegungskörper gedreht wird.

[0015] Bei der vorliegenden Erfindung können zwei Zuführbewegungskörper durch unabhängige Kontrolle der Zuführbewegung der ersten und der zweiten Zuführeinrichtung gleichzeitig bewegt werden; andererseits können diese zwei Zuführbewegungskörper derart bewegt werden, dass zwischen ihnen eine Differenz in der Bewegungsgröße vorhanden ist. Zur synchronen Bewegung von zwei Zuführbewegungskörpern kann der zuzuführende Schlitten auf parallele Weise bewegt werden, während für eine solche Bewegung, bei der zwischen ihnen eine Differenz in der Bewegungsgröße vorhanden ist, wenigstens einer der Halteabschnitte der ersten und der zweiten Zuführeinrichtung so bewegt wird, dass sie sich voneinander trennen entsprechend den Bewegungen der Zuführbewegungskörper; im Ergebnis dreht sich der zuzuführende Schlitten in einer Ebene, die zwei Zuführantriebseinrichtungen einschließt; folglich bewegt sich der zuzuführende Schlitten mit einer Drehung in der Zuführrichtung der ersten und der zweiten Zuführeinrichtung.

[0016] Wie oben erwähnt wurde, kann bei der vorlie-

genden Erfindung der zuzuführende Schlitten gedreht werden. Deshalb kann ein Werkstück selbst dann, wenn es eine komplizierte Oberfläche aufweist, leicht bearbeitet werden. Da außerdem der zuzuführende Schlitten durch eine Zuführeinrichtung gedreht werden kann, ist der Aufbau der Zuführeinrichtung vereinfacht; folglich ergibt sich auch der Vorteil, dass die Werkzeugmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung im Vergleich zu einer üblichen Werkzeugmaschine leicht hergestellt werden kann, so dass im Ergebnis die Herstellungskosten verringert werden können.

[0017] Ein anderer Vorteil besteht darin, dass die Halteabschnitte bei der vorliegenden Erfindung so angeordnet sein können, dass sie gegenüber dem zuzuführenden Schlitten linear bewegt werden können. Somit kann eine einfache und genau arbeitende Einrichtung zur Bewegung der Halteabschnitte zur Verfügung gestellt werden.

[0018] Zusätzlich kann die Zuführantriebseinrichtung in der oben genannten vorliegenden Erfindung aus einem Linearmotor bestehen. Die Antriebsvorrichtung mit dem üblichen Schneckengetriebe, wie sie oben beschrieben wurde, hat viele Fehlerfaktoren, wie ein Spiel, weshalb der zuzuführende Schlitten nicht präzise gedreht werden kann. Wenn indessen ein Linearmotor eingesetzt wird, dann verringert sich ein derartiger Fehler, so dass der zuzuführende Schlitten präzise gedreht werden kann. Außerdem kann dann, wenn der zuzuführende Schlitten mit einer Werkzeughalteeinrichtung zum Halten eines Werkzeugs versehen ist, das Werkzeug geradlinig in der Zuführrichtung des Zuführsystems bewegt und ebenso gedreht werden, wobei es möglich ist, ein Werkstück mit einer komplizierten Oberfläche, wie z. B. einer gekrümmten Oberfläche zu bearbeiten.

[0019] Weiter kann die erfindungsgemäße Werkzeugmaschine einen Tisch aufweisen, der unter dem Querträger vorgesehen und in orthogonaler Richtung des Querträgers hin- und herbewegbar ist, wobei die erste und die zweite Zuführeinrichtung an einer vorderen Seite des Querträgers angeordnet sind, der Schlitten mit der Werkzeughalteeinrichtung zum drehbaren Halten des Werkzeugs versehen ist und die Werkzeughalteeinrichtung quer über die Zuführantriebseinrichtung bewegbar ist. Bei einem solchen Aufbau können der Tisch und die Werkzeughalteeinrichtung in zwei axialen Richtungen einer Bewegungsrichtung des Tisches und der Längsrichtung des Querträgers geradlinig bewegt werden, die beide in einem rechten Winkel zueinander liegen; sie können auch relativ zu einer solchen Richtung bewegt werden, wobei sie die oben genannten zwei Achsen kreuzen. Außerdem kann die Werkzeughalteeinrichtung in der Ebene gedreht werden, die die erste und zweite Zuführeinrichtung einschließt, wobei die die komplizierte Oberfläche, wie z. B. eine gekrümmte

Oberfläche usw. aufweisenden Werkstücke während der Zeit, die sie auf dem Tisch festgelegt sind, kontinuierlich bearbeitet werden können. Wenn außerdem ein kreisförmiger Tisch, der horizontal drehbar ist, auf dem Tisch angeordnet ist, ist es auch möglich, Werkstücke, die eine noch kompliziertere Form aufweisen, zu der Zeit, zu der sie auf dem Tisch befestigt sind, zu bearbeiten.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0020] Es zeigen:

[0021] Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer bevorzugten Werkzeugmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0022] Fig. 2 eine stark vergrößerte Vorderansicht eines Spindelkopfes und eines Querträgers der in Fig. 1 gezeigten Werkzeugmaschine;

[0023] Fig. 3 eine Querschnittsansicht entlang der Richtung des Pfeils I-I der Fig. 2;

[0024] Fig. 4 eine Querschnittsansicht entlang der Richtung des Pfeils II-II der Fig. 2;

[0025] Fig. 5 eine Querschnittsansicht entlang der Richtung des Pfeils III-III der Fig. 2; und/

[0026] Fig. 6 eine perspektivische Ansicht eines üblichen Bearbeitungszentrums.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG VON BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

[0027] Im Folgenden werden mehrere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

[0028] Wie in Fig. 1 gezeigt ist, gehört die erfindungsgemäße Werkzeugmaschine zu dem Typ der aufrecht stehenden Bearbeitungszentren und weist als grundsätzliche Bestandteile ein Bett **2**, ein Paar von Säulen **3, 3**, die zu beiden Seiten des Bettes **2** angeordnet sind, einen Querträger **4**, der mit oberen Endstücken der Säulen **3, 3** horizontal verbunden ist und eine Kontrolleinrichtung **60** auf, die die Arbeitsvorgänge des weiter unten beschriebenen Zuführsystems kontrolliert.

[0029] Ein Tisch **8**, der von dem Zuführsystem (nicht gezeigt) angetrieben wird und sich in der Richtung der X-Achse, die durch einen Pfeil (X) gekennzeichnet ist, hin und her bewegt, ist auf dem Bett **2** montiert. Ein kreisförmiger Tisch **9**, der von einer rotierenden Zuführeinrichtung (nicht gezeigt) angetrieben wird, die einen Antriebsmotor, ein Schneckengetriebe usw. aufweist und den Tisch in Richtung eines Pfeils C dreht, ist auf dem Tisch **8** angebracht.

[0030] Wie in den **Fig. 2** und **3** gezeigt, ist die Vorderseite des Querträgers **4** mittels eines konkaven und in der Längsrichtung der Vorderseite ausgebildeten Bereichs **4c** in eine obere Seitenfläche **4a** und eine untere Seitenfläche **4b** unterteilt. Ein erster Zuführmechanismus **11** ist entlang der oberen Seitenfläche **4a** und ein zweiter Zuführmechanismus **31** entlang der unteren Seitenfläche **4b** vorgesehen.

[0031] Der erste Zuführmechanismus **11** weist eine Linearmagnetplatte **12** auf, in der Magnetpole angeordnet sind, die abwechselnd als Nordpol und als Südpol angeregt werden; entlang der Magnetplatte **12** ist eine Linearskala **16** vorgesehen; ein Paar Führungsschienen **14, 14** verlaufen entlang der Magnetplatte **12**, wobei die Linearskala so angeordnet ist, dass sie diese hält; weiter sind Gleitlager **15, 15**, vorgesehen, die mit den Führungsschienen **14, 14** in Eingriff stehen und sich an diesen entlang bewegen, außerdem ein Zuführbewegungskörper **18**, der an den Gleitlagern **15, 15** befestigt ist, ein Stator **13**, der an dem Zuführbewegungskörper **18** derart festgelegt ist, dass er der Magnetplatte **12** gegenüber steht und ein Detektorverstärker **17**, der an dem Zuführbewegungskörper **18** so angebracht ist, dass er auf die Linearskala **16** ausgerichtet ist.

[0032] Der Stator **13** bildet zusammen mit der Magnetplatte **12** den Linearmotor. Elektrischer Strom wird von der Kontrolleinrichtung **60** zugeführt. Durch diesen elektrischen Strom werden die Magnetpole des Stators **13** zu einem Nordpol und einem Südpol erregt. Der Stator **13** und der damit verbundene Zuführbewegungskörper **18** werden durch anziehende und abstoßende Kräfte, die zwischen dem Stator **13** und den festen Polen auf der Magnetplatte **12** erzeugt werden, auf den Führungsschienen **14, 14** in der Richtung der Y1-Achse geführt, die mit einem Pfeil (Y1) bezeichnet ist. Eine auf der Linearskala **16** angebrachte Skala wird von dem Detektorverstärker **17** abgelesen, so dass die Stellungen des Zuführbewegungskörpers **18** an der Linearskala **16** stets durch den Detektorverstärker ermittelt werden können.

[0033] Der zweite Zuführmechanismus **31** hat den gleichen Aufbau wie der erste Zuführmechanismus **11**; er weist eine Magnetplatte **32**, eine Linearskala **36**, ein Paar von Führungsschienen **34, 34**, Gleitlager **35, 35** einen Zuführbewegungskörper **38**, einen Stator **33** und einen Detektorverstärker auf. Wie bei dem ersten Zuführmechanismus **11** werden dann, wenn elektrischer Strom von der Kontrolleinrichtung **60** zu dem Stator **33** geführt wird, anziehende und abstoßende Kräfte zwischen dem Stator **33** und den ortsfesten Polen auf der Magnetplatte **32** erzeugt, wobei der Stator **33** und der mit diesem verbundene Zuführbewegungskörper **38** auf den Führungsschienen **34** und **34** geführt werden, die in Richtung der durch den Pfeil (Y2) gekennzeichneten Y2-Achse verlaufen. Die Stellungen des Zuführbewegungskörpers **38** auf der

Linearskala **36** werden durch den Detektorverstärker **37** ständig erfasst.

[0034] Wie oben beschrieben wurde ist die Kontrolleinrichtung **60** mit den Statoren **13, 33** und mit den Detektorverstärkern **17, 37** verbunden und empfängt Signale, die durch die Detektorverstärker **17, 37** erfasst werden und steuert den den Statoren **13, 33** unabhängig voneinander und entsprechend den Signalen zugeführten elektrischen Strom; außerdem steuert sie die Bewegungen des Stators **13** und des damit verbundenen Zuführbewegungskörpers **18** in Richtung der Y1-Achse, die durch den Pfeil (Y1) gekennzeichnet ist, sowie die Bewegungen des Stators **33** und des damit verbundenen Zuführbewegungskörpers **38** in der Y2-Achse, die mit dem Pfeil (Y2) gekennzeichnet ist.

[0035] Wie in den **Fig. 4** und **5** gezeigt, sind die Zuführbewegungskörper **18** des ersten Zuführmechanismus **11** bzw. der Zuführbewegungskörper **38** des zweiten Zuführmechanismus **31** mit einer ersten Halteeinrichtung **21** und einer zweiten Halteeinrichtung **41** versehen, wobei die erste Halteeinrichtung **21** und die zweite Halteeinrichtung **41** einen Spindelkopf **5** drehbar halten, der einen zuzuführenden Schlitzen bildet.

[0036] Die erste Halteeinrichtung **21** weist eine Haltewelle **22** auf, die von dem Zuführbewegungskörper **18** ausgeht, ein Gehäuse **24**, das über ein Lager **23** drehbar mit der Haltewelle **22** verbunden ist, Führungsschienen **25, 25**, die das Gehäuse **24** führen und Gleitlager **26, 26**, die mit den entsprechenden Führungsschienen **25, 25** zusammenwirken. Das Gehäuse **24**, die Führungsschienen **25, 25** und die Gleitlager **26, 26** sind in einem Raum **5e** angeordnet, der in dem Spindelkopf **5** auf der Seite angeordnet ist, die dem Zuführbewegungskörper **18** zugewandt ist. Genauer gesagt sind die Führungsschienen **25, 25** rechtwinklig an einander zugewandten Innenwänden **5f, 5g** des Raumes **5e** befestigt. Die Gleitlager **26, 26** die mit den Führungsschienen **25, 25** in Eingriff stehen, sind an Außenflächen **24a, 24b** des Gehäuses **24** befestigt. Entsprechend der oben genannten Konstruktion wird der Spindelkopf **5** drehbar von der ersten Halteeinrichtung **22** getragen. Die Haltewelle **22**, das Lager **23**, das Gehäuse **24** und der Spindelkopf **5** sind so ausgebildet, dass sie sich relativ zueinander bewegen können.

[0037] Andererseits weist der zweite Haltemechanismus eine Haltewelle **42** auf, die von dem Zuführbewegungskörper **38** ausgeht, sowie ein Lager **43**, das innerhalb eines in dem Spindelkopf **5** ausgebildeten Raumes **5h** gehalten wird und mit der Haltewelle **42** verbunden ist, wobei der Spindelkopf **5** drehbar von der Haltewelle **42** und dem Lager **43** getragen wird.

[0038] Wie oben beschrieben setzt sich die erste Zuführeinrichtung **10** aus dem ersten Zuführmechanismus **11**, dem zweiten Zuführmechanismus **31**, der ersten Halteeinrichtung **21**, der zweiten Halteeinrichtung **41** und der Kontrolleinrichtung **60** zusammen, die die Arbeitsvorgänge des ersten Zuführmechanismus **11** und des zweiten Zuführmechanismus **31** kontrolliert.

[0039] Wie in **Fig. 1**, **Fig. 4** und **Fig. 5** dargestellt erstreckt sich ein Raum **5a** vertikal in dem Spindelkopf **5**. Eine Frässpindelhülse **6** ist in dem Raum **5a** derart angeordnet, dass sie sich in der mit dem Pfeil (Z) bezeichneten Richtung der Z-Achse bewegen kann und zwar in der Richtung entlang der Länge des Spindelkopfes **5**, wobei sie durch eine zweite Zuführeinrichtung **50** angetrieben wird.

[0040] Die zweite Zuführeinrichtung **50** besteht aus fast den gleichen Bestandteilen wie der erste Zuführmechanismus **11** und der zweite Zuführmechanismus **31**; sie besteht aus einer Magnetplatte **51**, einer Linearskala **53**, einem Paar von Führungsschienen **55, 55**, Gleitlagern **56, 56**, einem Stator **52** und einem Detektorverstärker **54** usw.

[0041] Das Paar von Führungsschienen **55, 55** ist rechtwinklig an sich gegenüberliegenden Innenwänden **5b, 5c** des Raumes **5a** befestigt. Die Gleitlager **56, 56**, die mit den Führungsschienen **55, 55** in Eingriff stehen, sind an Außenflächen **6a, 6b** der Frässpindelhülse **6** befestigt. Die Frässpindelhülse **6** kann durch die sie führenden Führungsschienen **55, 55** ebenso wie durch die Gleitlager **56, 56** in Richtung der mit dem Pfeil (Z) bezeichneten Z-Achse bewegt werden.

[0042] Die Magnetplatte **51** und die Linearskala **53** sind parallel zueinander und rechtwinklig zu einer Innenwand **5d** des Raumes **5a** befestigt. Der Stator **52** und der Detektorverstärker **54** sind parallel zueinander an einer Außenfläche **6c** der Frässpindelhülse **6** derart befestigt, dass sie der Magnetplatte **51** bzw. der Linearskala **53** zugewandt sind. Elektrische Energie wird von der Kontrolleinrichtung **60**, wie bei dem ersten Zuführmechanismus **11** und dem zweiten Zuführmechanismus, dem Stator **52** zugeführt, wobei anziehende und abstoßende Kräfte zwischen dem Stator **52** und den festen Polen der Magnetplatte **51** in der Weise entstehen, dass der Stator **52** in der durch den Pfeil (Z) angezeigten Richtung der Z-Achse bewegt wird und somit die mit dem Stator **52** verbundene Frässpindelhülse **6** ebenso in Richtung der Z-Achse bewegt wird. Die Stellungen der Frässpindelhülse **6** auf der Linearskala **53** werden ständig von dem Detektorverstärker **54** ermittelt. Die Kontrolleinrichtung **60** empfängt die von dem Detektorverstärker **54** ermittelten Signale und steuert davon ausgehend die dem Stator **52** zugeführte Energie und damit die Bewegungen des Stators **52** und der damit verbunde-

nen Frässpindelhülse **6** in Richtung der mit dem Pfeil (Z) bezeichneten Richtung der Z-Achse.

[0043] Die Frässpindelhülse **6** trägt eine rotierende Spindel **7**, die an ihrem vorderen Ende ein Werkzeug T halten kann. Die Spindel **7** kann durch einen eingebauten Antriebsmotor in Drehung versetzt werden.

[0044] Die gleichen Bestandteile wie bei der ersten Zuführeinrichtung **10** und der zweiten Zuführeinrichtung **50** können auch bei dem Zuführsystem (nicht gezeigt) zum Antrieb des Tisches **8** eingesetzt werden, wobei andere Einrichtungen, die aus einer Kugelumlaufspindel, einer Kugelmutter und einem Servomotor usw. bestehen, ebenso eingesetzt werden können. Das Zuführsystem (nicht gezeigt), die drehbare Zuführeinrichtung (nicht gezeigt) zum Antrieb des kreisrunden Tisches **9** und der Antriebsmotor zum Antrieb der Spindel **7** müssen ebenso bei ihrem Arbeitsvorgang durch die Kontrolleinrichtung **60** gesteuert werden. Die Werkzeugmaschine **1** weist auch eine Werkzeugwechsellvorrichtung (nicht im einzelnen gezeigt) auf, die dazu dient das von der Spindel **7** gehaltene Werkzeug T entsprechend zu wechseln.

[0045] Ein Arbeitsablauf der Werkzeugmaschine **1** dieses Ausführungsbeispiels, die die oben geschilderten Bestandteile aufweist, wird im Folgenden beschrieben, wobei sich die Beschreibung auf die Arbeitsweise der ersten Zuführeinrichtung **10**, die ein charakteristisches Element darstellt, beschränkt. Somit wird der Spindelkopf **5** derart angeordnet, dass dessen Längsrichtung in seiner anfänglichen Stellung gehalten wird, wie dies in **Fig. 2** dargestellt ist.

[0046] Wie oben beschrieben wurde, empfängt die Kontrolleinrichtung **60** die von den Detektorverstärkern **17, 37** aufgenommenen Signale, steuert den zu den Statoren **13, 33** gelieferten elektrischen Strom, steuert die Bewegungen des Stators **13** und des damit verbundenen Zuführbewegungskörpers **18** in der Richtung der durch den Pfeil (Y1) angezeigten Richtung der Y1-Achse und ebenso die Bewegungen des Stators **33** und des mit diesem verbundenen Zuführbewegungskörpers **38** in Richtung der durch den Pfeil (Y2) angezeigten Richtung der Y2-Achse.

[0047] Deshalb kann der elektrische Strom gleichmäßig von der Kontrolleinrichtung **60** zu den Statoren **13, 33** geleitet werden. Der mit der ersten Lagereinrichtung **21** und mit der zweiten Lagereinrichtung **41** verbundene Spindelkopf **5** wird parallel zu den Richtungen der Y1-Achse und der Y2-Achse bewegt, wobei er – wie oben beschrieben wurde – seine ursprüngliche Stellung beibehält, wenn die Statoren **13, 33** synchron bewegt werden.

[0048] Wenn z. B. durch den zu dem Stator **13** gelieferten elektrischen Strom dessen Stellung beibehalten und durch den zum Stator **33** gelieferte Strom

dessen Position verändert und ihn in die Richtung der plus Y2-Achse verstellt wird, dann dreht sich der Spindelkopf **5** in Richtung des Pfeils A und bleibt dann in einer solchen Stellung stehen, wie dies in **Fig. 2** durch sich abwechselnd lange und zwei kurze Striche dargestellt ist. Dies ist deshalb möglich, weil der Spindelkopf **5** drehbar von der ersten Lagereinrichtung **21** und der zweiten Lagereinrichtung **41** getragen wird. Während dieser Zeit dreht sich der Spindelkopf **5** in Richtung des Pfeils A um die Haltewelle **42** mit Rücksicht auf die erste Lagereinrichtung **21** und die zweite Lagereinrichtung **42**. Andererseits drehen sich der Zuführbewegungskörper **18** und der Spindelkopf **5** gegenseitig und bewegen sich relativ zur Z-Achse; außerdem entfernen sich der Zuführbewegungskörper **18** und der Zuführbewegungskörper **38** voneinander entsprechend dem Betrag der Bewegung des Zuführbewegungskörpers **38**. Dies ist möglich, weil die Haltewelle **22** usw. der ersten Lagereinrichtung **21** so angeordnet ist, dass sie sich in Bezug auf den Spindelkopf **5** in dessen Längsrichtung bewegen können (in Richtung der Z-Achse).

[0049] Wenn im Gegensatz hierzu der elektrische Strom derart zum Stator **33** geführt wird, dass er seine Stellung beibehält, während der elektrische Strom derart zum Stator **13** geführt wird, dass dieser seine Position verändert und er sich in Richtung der plus Y-Achse bewegt, dann dreht sich der Spindelkopf **5** in der entgegengesetzten Richtung und zwar auf Grund des gleichen oben beschriebenen Vorgangs.

[0050] Wenn elektrischer Strom zu jedem der Statoren **13** bzw. **33** derart geliefert wird, dass sich deren Bewegungsweg voneinander unterscheidet, dann unterscheidet sich der Betrag der Bewegungen des Stators **13** und des Stators **33** entsprechend dem zugeführten elektrischen Strom, wobei sich der Spindelkopf **5** entlang der Y1-Achse und der Y2-Achse bewegt und sich dann entsprechend dem oben genannten Unterschied im Bewegungsweg des Stators **13** und des Stators **33** in Richtung des Pfeils A dreht.

[0051] Wie oben erwähnt wurde, kann der Spindelkopf **5** parallel zur Y1-Achse und zur Y2-Achse bewegt werden, oder er kann in Richtung des Pfeils A gedreht werden; außerdem kann eine derartige Bewegung und Drehung gleichzeitig durch die Steuerung des elektrischen Stroms erreicht werden, der zu den Statoren **13** und **33** geliefert wird.

[0052] Zusätzlich kann die Frässpindelhülse **6** in Richtung der mit dem Pfeil (Z) bezeichneten der Z-Achse dadurch bewegt werden, dass man entsprechend elektrischen Strom zu dem Stator **52** der zweiten Zuführeinrichtung **50** liefert, während der Tisch **8** durch Antrieb des Zuführsystems (nicht gezeigt) in Richtung der mit dem Pfeil X bezeichneten X-Achse bewegt werden kann; außerdem kann durch Antrieb der drehbaren Zuführeinrichtung (nicht gezeigt) der

kreisrunde Tisch **9** in Richtung des Pfeils C bewegt werden.

[0053] Somit kann bei diesem Ausführungsbeispiel der Werkzeugmaschine **1** der kreisrunde Tisch **9** in Richtung des Pfeils C und in Richtung der X-Achse bewegt werden, während das Werkzeug T in den Richtungen der Y1-Achse und der Y2-Achse, in Richtung des Pfeils A und ebenso der Z-Achse bewegt werden kann. Aus diesem Grund kann durch den simultanen Antrieb und die Steuerung des kreisrunden Tisches und des Werkzeugs T ein Werkstück, das auf dem kreisrunden Tisch angebracht und befestigt ist und das Werkzeug T simultan und relativ zu den Richtungen des Pfeils C, der X-Achse, der Y1-Achse, der Y2-Achse und des Pfeils A und ebenso der Z-Achse bewegt werden. Somit kann das Werkstück und das Werkzeug T relativ in einem dreidimensionalen Raum sowohl geradlinig als auch auf einer gekrümmten Linie bewegt werden. Damit können die Werkstücke, während sie auf dem kreisrunden Tisch **9** befestigt sind, kontinuierlich bearbeitet werden, auch dann, wenn sie komplizierte Oberflächen, wie z. B. gekrümmte Oberflächen usw. aufweisen.

[0054] Da der Spindelkopf **5** nur durch die erste Zuführeinrichtung **10** gedreht wird, was einer linearen Zuführeinrichtung entspricht, kann auf die Verwendung einer rotierenden Zuführeinrichtung, wie z. B. einem Antriebsmotor und einem Schneckengetriebe verzichtet werden, wodurch der Aufbau des sich drehenden Mechanismus einfach gestaltet werden kann; außerdem kann die Zuführeinrichtung selbst kompakt ausgeführt werden. Weiter kann die Werkzeugmaschine **1** bei diesem Ausführungsbeispiel und im Vergleich zu einem üblichen Bearbeitungszentrum **100** leicht hergestellt werden; somit können die Herstellungskosten in vorteilhafter Weise gesenkt werden.

[0055] Da die erste Zuführeinrichtung aus dem Lineararmotor besteht, entstehen im Vergleich zu einer sich drehenden Zuführeinrichtung mit einem Schneckengetriebe usw. weniger Fehler, wie z. B. ein Spiel usw.; somit kann der Spindelkopf **5** präzise gedreht werden, was eine genaue Bearbeitung ermöglicht.

[0056] Da außerdem die Haltewelle **22** und das Gehäuse **24** der ersten Lagereinrichtung **21** so ausgebildet sind, dass sie sich sowohl durch die Führungsschienen **25, 25** als auch durch die Gleitlager **26, 26** relativ zueinander linear zu dem Spindelkopf **5** bewegen können, kann der Mechanismus zum Bewegen der Haltewelle **22** und des Gehäuses **24** relativ einfach und genau ausgeführt werden.

[0057] Es versteht sich, dass der charakteristische Aufbau der vorliegenden Erfindung nicht nur, wie bei diesem Ausführungsbeispiel, bei dem Zuführsystem des Spindelkopfes **5** des Bearbeitungszentrums ver-

wirklicht werden kann, sondern auch bei dem Zuführsystem des Tisches **8** und ebenso bei dem Support einer Drehbank, bei einem Spindelschlitten und anderen Werkzeugmaschinen, neben jenen eines Spindelkopfes oder dem Tisch einer Fräsmaschine in anderen Ausführungsbeispielen.

[0058] Außerdem wird bei diesem Ausführungsbeispiel der die Magnetplatten **12, 32** enthaltende Linearmotor und die Statoren **13, 33** für die erste Zuführeinrichtung **10** eingesetzt, während der Linearmotor, der die Magnetplatte **51** und den Stator **52** aufweist, für die zweite Zuführeinrichtung **50** eingesetzt wird. Es versteht sich jedoch von selbst, dass die Erfindung nicht auf dieses Ausführungsbeispiel eingeschränkt ist. Somit kann ein Zuführmechanismus, der eine Kugelumlaufspindel, eine Kugelmutter und einen Servomotor usw. aufweist auch als Zuführmechanismus für die erste Zuführeinrichtung **10** und die zweite Zuführeinrichtung **50** eingesetzt werden.

[0059] Wie oben beschrieben wurde, kann die erfindungsgemäße Werkzeugmaschine an Maschinenteile mit komplizierten Oberflächen angepasst werden, z. B. an solche mit gekrümmten Oberflächen usw.

Patentansprüche

1. Werkzeugmaschine (**1**) mit einem Paar Säulen (**3, 3**), die parallel voneinander um einen spezifizierten Zwischenraum zwischen sich beabstandet sind, einem Querträger (**4**), der horizontal mit den Säulen (**3, 3**) verbunden ist, und mit einem Zuführsystem für das lineare Zuführen eines zuzuführenden Schlittens (**5**), wobei zu dem Zuführsystem gehören: ein erster und ein zweiter Zuführmechanismus (**11, 31**), die parallel voneinander um einen vorbestimmten Zwischenraum zwischen sich beabstandet sind, die jeweils eine lineare Zuführantriebseinrichtung und einen Zuführbewegungskörper (**18, 38**), der sich mit der Zuführantriebseinrichtung zur Bewegung längs der Zuführantriebseinrichtung in Eingriff befindet, und eine erste und zweite Lagereinrichtung (**21, 41**) aufweisen, die einen Halteabschnitt (**22, 42**) besitzen, der jeweils mit jedem Zuführbewegungskörper (**18, 38**) der ersten und der zweiten Zuführeinrichtung (**11, 31**) verbunden ist und jeweils drehbar den Schlitten (**5**) lagert; wobei wenigstens einer der beiden Halteabschnitte (**22, 42**) der ersten und der zweiten Lagereinrichtung (**21, 41**) zum drehbaren Halten des Schlittens (**5**) für eine Bewegung in einer voneinander trennenden Richtung derart vorgesehen ist, daß der Schlitten (**5**) entsprechend einer Differenz in der Bewegungsgröße der Zuführbewegungskörper gedreht wird; **dadurch gekennzeichnet**, daß die erste und die zweite Zuführeinrichtung (**11, 31**) an dem Querträger (**4**) angeordnet sind und einen jeweils Positionssensor (**17, 37**) zur Erfassung von Stellungen des Zu-

führbewegungskörpers (**18, 38**) längs der Zuführantriebseinrichtung aufweisen, und daß das Zuführsystem eine Kontrolleinrichtung (**60**) zur jeweiligen Steuerung des Betriebs der ersten und der zweiten Zuführeinrichtung (**11, 31**) aufweist.

2. Werkzeugmaschine (**1**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Halteabschnitte (**22, 42**) relativ linear bewegbar zu dem Schlitten (**5**) vorgesehen sind.

3. Werkzeugmaschine (**1**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuführantriebseinrichtung aus einem Linearmotor besteht.

4. Werkzeugmaschine (**1**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schlitten (**4**) mit einer Werkzeughalteeinrichtung zum Halten eines Werkzeugs (T) versehen ist.

5. Werkzeugmaschine (**1**) nach Anspruch 1, weiterhin bestehend aus: einem Tisch (**8**), der unter dem Querträger (**4**) vorgesehen und in orthogonaler Richtung des Querträgers (**4**) hin- und herbewegbar ist; wobei die erste und die zweite Zuführeinrichtung (**11, 31**) an einer vorderen Seite (**4a**) des Querträgers (**4**) angeordnet sind; und wobei der Schlitten mit der Werkzeughalteeinrichtung zum drehbaren Halten des Werkzeugs (T) versehen ist und die Werkzeughalteeinrichtung quer über die Zuführantriebseinrichtung bewegbar ist.

6. Werkzeugmaschine (**1**) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Tisch (**8**) ein horizontal drehbarer kreisförmiger Tisch (**9**) angeordnet ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

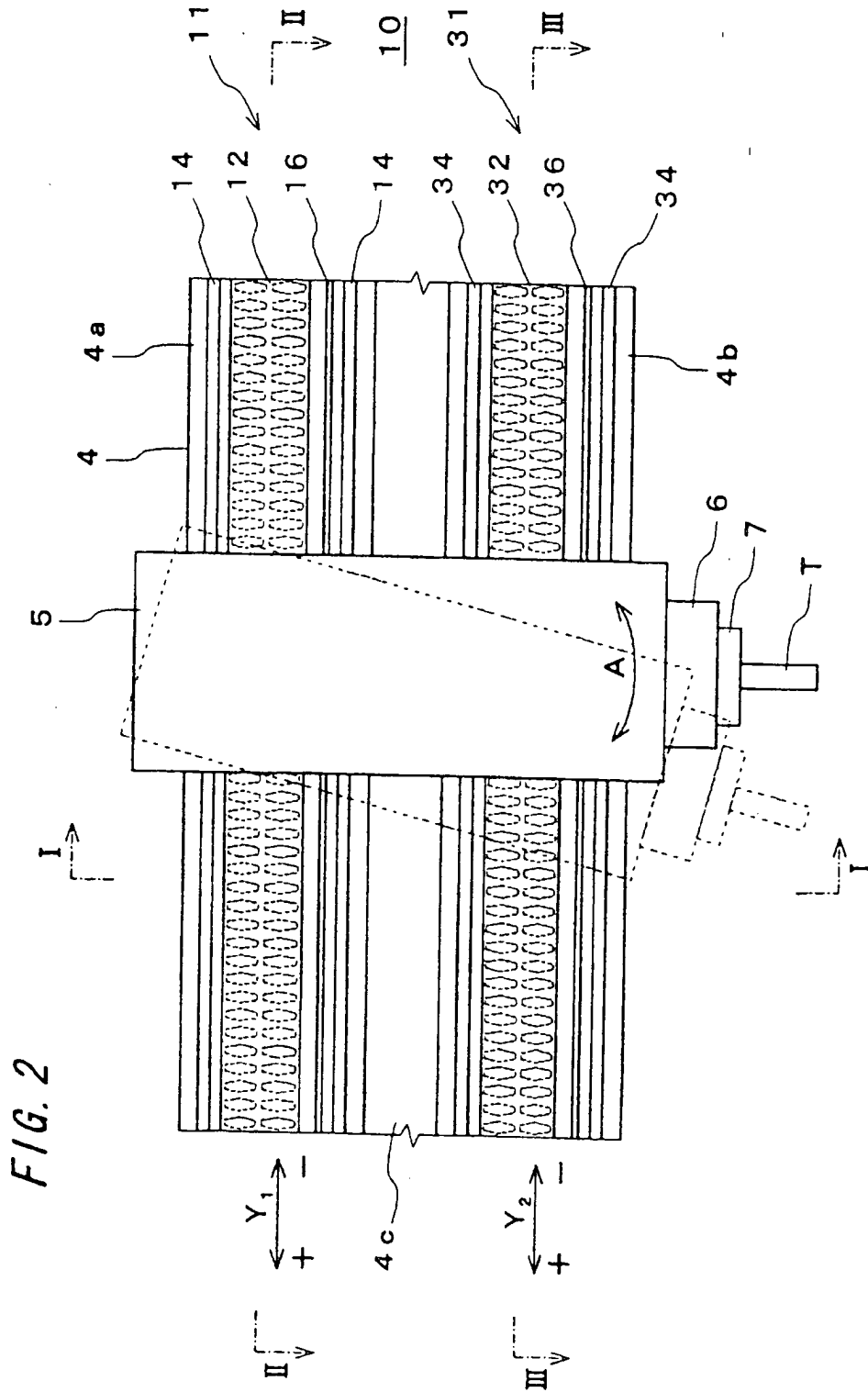


FIG. 3

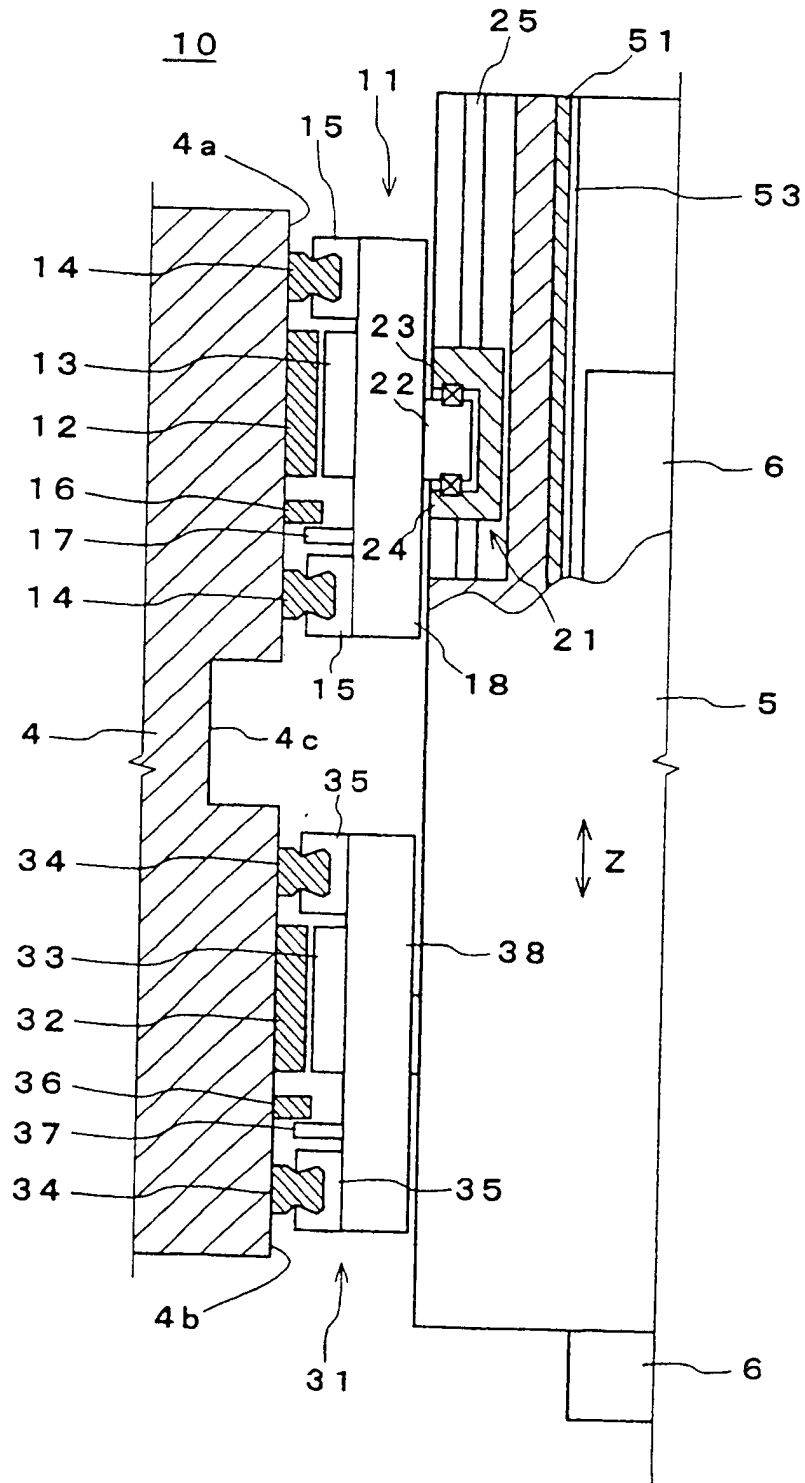


FIG. 4

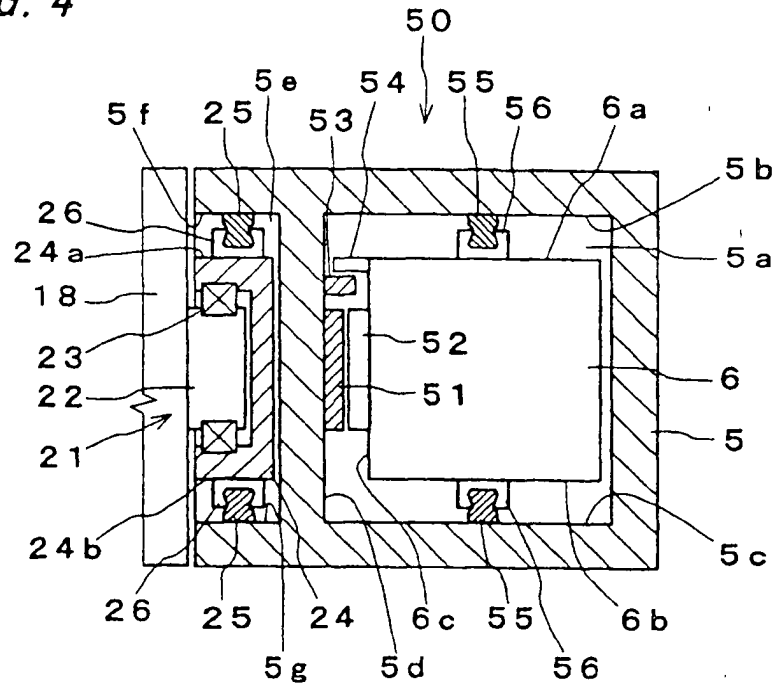


FIG. 5

