



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 004 520.3**

(22) Anmeldetag: **27.06.2019**

(43) Offenlegungstag: **16.01.2020**

(51) Int Cl.: **B23Q 3/155 (2006.01)**

B23Q 16/00 (2006.01)

G05B 19/18 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

2018-133387

13.07.2018

JP

(71) Anmelder:

Fanuc Corporation, Oshino-mura, Yamanashi, JP

(74) Vertreter:

**Müller-Boré & Partner Patentanwälte PartG mbB,
80639 München, DE**

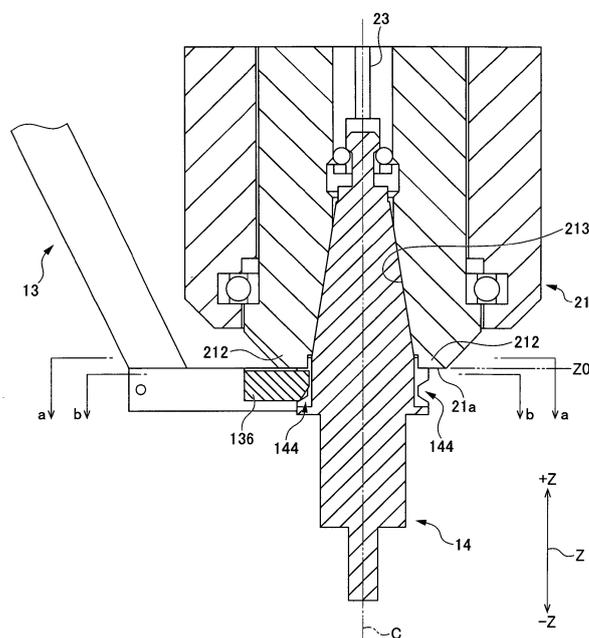
(72) Erfinder:

Uenishi, Daisuke, Oshino-mura, Yamanashi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **WERKZEUGMASCHINE**

(57) Zusammenfassung: Es ist eine Aufgabe, eine Werkzeugmaschine bereitzustellen, die ohne eine Veränderung bestehender Maschinenausstattungen einfach und zuverlässig eine Phasenbestimmung ausführen kann. Eine Werkzeugmaschine 1 umfasst: eine Werkzeughalterung 14, die eine Passfedernut 144 umfasst; eine Spindeltriebseinheit, die eine Spindelpassfeder 212, die in die Passfedernut 144 der Werkzeughalterung 14 eingepasst werden kann, und eine Spindel 21 umfasst und die Werkzeughalterung 14 abnehmbar hält; einen Werkzeugwechsler 10, der eine Griffpassfeder 136 und einen Griff 13 umfasst, der die Werkzeughalterung 14 in Bezug auf die Spindel 21 an einer festgelegten Position hält; und eine numerische Steuerung, die den Werkzeugwechsler zur Befestigung und zum Entfernen der Werkzeughalterung 14 in Bezug auf die Spindel 21 steuert, und die numerische Steuerung steuert die Spindeltriebseinheit so, dass die Spindel 21 zum Drücken der Spindelpassfeder 212 gegen die Passfedernut 144 zur Bestimmung der Phase der Werkzeughalterung 14 in Bezug auf die Spindel 21 gedreht wird, wenn die Werkzeughalterung 14 in einem Zustand, in dem die Passfedernut 144 der Werkzeughalterung 14 in die Spindelpassfeder 212 eingeführt ist, an der Spindel 21 befestigt wird.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Bereich der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Werkzeugmaschinen.

Verwandte Technik

[0002] Bei einer Bearbeitung unter Verwendung einer Werkzeugmaschine ist eine Bearbeitung (beispielsweise eine Presspolitur) bekannt, bei der ein Spindelkopf mit festgelegter Spindel bewegt wird und bei der dementsprechend ein Abtragen an einem Werkstück mit einem an einer Spitze der Spindel festgelegten Werkzeug ausgeführt wird. Bei diesem Typ von Bearbeitung wird das Werkzeug mit festgestellter Spindel auf dem Werkstück bewegt, und daher ist es wesentlich, die Phase (Drehstellung) einer Werkzeughalterung, an der das Werkzeug angebracht ist, in Bezug auf die Drehrichtung der Spindel zu bestimmen. Zwischen einer in der Spindel vorgesehenen Spindelpassfeder und einer Passfedernut der Werkzeughalterung ist jedoch zur Erleichterung der Befestigung und Entfernung der Werkzeughalterung ein geringfügiger Spalt ausgebildet. Daher wird bei jedem Wechsel der Werkzeughalterung (des Werkzeugs) die Position der Bestimmung der Phase der Werkzeughalterung in Bezug auf die Drehrichtung der Spindel verschoben. Zur Lösung dieses Problems wird eine Technologie vorgeschlagen, bei der ein elastisches Element zu der Spindel oder der Passfedernut der Werkzeughalterung hinzugefügt wird oder zur Bestimmung der Phase eine konische Oberfläche hinzugefügt wird (siehe beispielsweise Patentschriften 1 bis 3).

Patentschrift 1: Ungeprüfte japanische Patentanmeldung, Veröffentlichung Nr. 2002-307257

Patentschrift 2: Ungeprüfte japanische Gebrauchsmusteranmeldung, Veröffentlichung Nr. H01-114244

Patentschrift 3: Ungeprüfte japanische Gebrauchsmusteranmeldung, Veröffentlichung Nr. H03-62745

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0003] Wenn der Aufbau gemäß der vorstehend beschriebenen herkömmlichen Technologie verwendet wird und die Spezifikationen der Spindel und der Werkzeughalterung der Werkzeugmaschine verändert werden, sind sie nicht mit den Maschinenaustattungen vorhandener Werkzeugmaschinen kompatibel, und daher kann die Werkzeughalterung nicht gemeinsam genutzt werden, wodurch die Kosten der Zusatzausstattung zum Erzielen der Kompatibilität

steigen. Da abhängig von der Bearbeitung (beispielsweise einer Wälzfräsbearbeitung) eine hohe Last auf die Passfedernut der Werkzeughalterung aufgebracht wird, ist es schwierig, einen Aufbau zu verwenden, bei dem ein elastisches Element zu der Passfedernut hinzugefügt wird oder eine konische Oberfläche hinzugefügt wird und bei dem dadurch die Stabilität verringert wird.

[0004] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Werkzeugmaschine bereitzustellen, die ohne eine Veränderung bestehender Maschinenaustattungen einfach und zuverlässig eine Phasenbestimmung ausführen kann.

(1) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Werkzeugmaschine (beispielsweise eine Werkzeugmaschine **1**, die später beschrieben wird), die umfasst: eine Werkzeughalterung (beispielsweise eine Werkzeughalterung **14**, die später beschrieben wird), die ein Werkzeug und eine Passfedernut (beispielsweise eine Passfedernut **144**, die später beschrieben wird) umfasst; eine Spindelantriebseinheit, die eine Spindelpassfeder (beispielsweise eine Spindelpassfeder **212**, die später beschrieben wird), die in die Passfedernut der Werkzeughalterung eingepasst werden kann, und eine Spindel (beispielsweise eine Spindel **21**, die später beschrieben wird) umfasst und die Werkzeughalterung abnehmbar hält; einen Werkzeugwechsler (beispielsweise einen Werkzeugwechsler **10**, der später beschrieben wird), der eine Griffpassfeder (beispielsweise eine Griffpassfeder **136**, die später beschrieben wird), die in die Passfedernut der Werkzeughalterung eingepasst werden kann, und einen Griff (beispielsweise einen Griff **13**, der später beschrieben wird) umfasst, der die Werkzeughalterung in Bezug auf die Spindel an einer festgelegten Position hält; und eine numerische Steuerung (beispielsweise eine numerische Steuerung **30**, die später beschrieben wird), die den Werkzeugwechsler zur Befestigung und zum Entfernen der Werkzeughalterung in Bezug auf die Spindel steuert; und bei der Werkzeugmaschine steuert die numerische Steuerung die Spindelantriebseinheit so, dass die Spindel zum Drücken der Spindelpassfeder gegen die Passfedernut der Werkzeughalterung zur Bestimmung der Phase der Werkzeughalterung in Bezug auf die Spindel gedreht wird, wenn die von dem Griff gehaltene Werkzeughalterung in einem Zustand, in dem zumindest die Passfedernut der Werkzeughalterung in die Spindelpassfeder eingesetzt ist, an der Spindel befestigt wird.

(2) Vorzugsweise umfasst die Werkzeugmaschine gemäß (1) eine Lastschwellenwertspeichereinheit (beispielsweise ein RAM **303**, das später beschrieben wird), in der ein Schwellenwert

für eine auf die Spindel aufgebrachte Last gespeichert wird, und bei der Bestimmung der Phase der Werkzeughalterung bestimmt die numerische Steuerung anhand der auf die Spindel aufgebrachten Last (beispielsweise eines Lastmomentwerts **T1**, der später beschrieben wird) und des in der Lastschwellenwertspeichereinheit gespeicherten Schwellenwerts (beispielsweise eines Lastmomentschwellenwerts **Tth**, der später beschrieben wird) für die Last, ob die Bestimmung der Phase der Werkzeughalterung abgeschlossen ist oder nicht.

(3) Vorzugsweise umfasst die Werkzeugmaschine gemäß (1) oder (2) eine Drehrichtungsspeichereinheit (beispielsweise ein RAM **303**, das später beschrieben wird), in der Informationen zu der Drehrichtung der Spindel bei der Bestimmung der Phase der Werkzeughalterung gespeichert werden, die numerische Steuerung dreht bei der Bestimmung der Phase der Werkzeughalterung die Spindel entsprechend den in der Drehrichtungsspeichereinheit gespeicherten Informationen zu der Drehrichtung der Spindel.

(4) Vorzugsweise umfasst die Werkzeugmaschine gemäß einem der Punkte (1) bis (3) eine Drehstellungsspeichereinheit (beispielsweise ein RAM **303**, das später beschrieben wird), in der Informationen zu der Drehstellung der Spindel um eine Achse bei Abschluss der Bestimmung der Phase der Werkzeughalterung gespeichert werden; und die numerische Steuerung kompensiert bei Abschluss der Bestimmung der Phase der Werkzeughalterung die Drehstellung der Spindel entsprechend den in der Drehstellungsspeichereinheit gespeicherten Informationen zu der Drehstellung.

[0005] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es möglich, eine Werkzeugmaschine bereitzustellen, die ohne eine Veränderung bestehender Maschinenausstattungen einfach und zuverlässig eine Phasenbestimmung ausführen kann.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine Konzeptansicht, die die Konfiguration des Maschinensystems einer Werkzeugmaschine **1** gemäß einer Ausführungsform zeigt;

Fig. 2 ist eine Seitenansicht einer Werkzeughalterung **14**;

Fig. 3 ist eine Seitenansicht eines Griffs **13**;

Fig. 4 ist eine Draufsicht des Griffs **13**;

Fig. 5 ist eine Schnittansicht, gemäß der die von dem Griff **13** gehaltene Werkzeughalterung **14** an einer Spindel **21** befestigt ist;

Fig. 6A ist eine Schnittansicht, die einem Querschnitt entlang einer Linie a-a gemäß **Fig. 5** entspricht;

Fig. 6B ist eine Schnittansicht, die einem Querschnitt entlang einer Linie b-b gemäß **Fig. 5** entspricht;

Fig. 7 ist ein Blockdiagramm, das die elektrische Konfiguration einer numerischen Steuerung **30** zeigt;

Fig. 8 ist ein Ablaufdiagramm, das die Prozedur einer Werkzeugwechselverarbeitung zeigt, die von der numerischen Steuerung **30** ausgeführt wird;

Fig. 9A ist eine schematische Ansicht, die eine Positionsbeziehung zwischen Passfedern und Passfedernuten zeigt, wenn die Spindel **21** aus der Drehstellung der Phasenbestimmung gedreht wird;

Fig. 9B ist eine schematische Ansicht, die die Positionsbeziehung zwischen den Passfedern und den Passfedernuten zeigt, wenn die Spindel **21** aus der Drehstellung der Phasenbestimmung gedreht wird;

Fig. 9C ist eine schematische Ansicht, die die Positionsbeziehung zwischen den Passfedern und den Passfedernuten zeigt, wenn die Spindel **21** aus der Drehstellung der Phasenbestimmung gedreht wird;

Fig. 10 ist eine Konzeptansicht, die eine Beziehung zwischen der Drehstellung der Spindel **21** und einem auf die Spindel aufgebrachten Lastmoment zeigt; und

Fig. 11 ist ein Ablaufdiagramm, das die Prozedur der Verarbeitung zur Kompensation der Drehstellung der Spindel **21** zeigt, wenn die Werkzeughalterung **14** abgenommen wird.

GENAUE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0006] Nachstehend wird eine Ausführungsform einer Werkzeugmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung beschrieben. Die der vorliegenden Patentschrift beiliegenden Zeichnungen sind jeweils eine Konzeptansicht oder eine schematische Ansicht, und der Verständlichkeit und dergleichen halber sind die Formen, die Maßstäbe, die vertikalen und horizontalen Abmessungsverhältnisse und dergleichen einzelner Abschnitte gegenüber der Realität verändert oder übertrieben dargestellt. In den Zeichnungen wurde auf eine Schraffur, die auf die Querschnitte von Elementen hinweist, gegebenenfalls verzichtet.

[0007] **Fig. 1** ist eine Konzeptansicht, die die Konfiguration des Maschinensystems einer Werkzeugmaschine **1** gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt. **Fig. 2** ist eine Seitenansicht einer Werkzeug-

halterung **14**. **Fig. 3** ist eine Seitenansicht eines Griffs **13**. **Fig. 4** ist eine Draufsicht des Griffs **13**. **Fig. 5** ist eine Schnittansicht, gemäß der die von dem Griff **13** gehaltene Werkzeughalterung **14** an einer Spindel **21** befestigt ist. **Fig. 6A** ist eine Schnittansicht, die einem Querschnitt entlang einer Linie a-a gemäß **Fig. 5** entspricht. **Fig. 6B** ist eine Schnittansicht, die einem Querschnitt entlang einer Linie b-b gemäß **Fig. 5** entspricht. In der vorliegenden Patentschrift und den Zeichnungen wird angenommen, dass in einem Zustand, in dem die Werkzeugmaschine **1** auf einer Bodenfläche oder dergleichen installiert ist, eine vertikale Richtung eine Z-Richtung ist. Es wird angenommen, dass in der Z-Richtung die Aufwärtsrichtung die Richtung + Z und die Abwärtsrichtung die Richtung - Z ist.

[0008] Wie in **Fig. 1** gezeigt, umfasst die Werkzeugmaschine **1** einen Werkzeugwechsler **10**, eine Bearbeitungsvorrichtung **20**, eine numerische Steuerung **30** (siehe **Fig. 7**) und einen (nicht dargestellten) Halte-Bewegungsmechanismus für ein Werkstück. Der Werkzeugwechsler **10** ist eine Vorrichtung, die automatisch die an der Spindel befestigte Werkzeughalterung **14** (die später beschrieben wird) wechselt. Der Werkzeugwechsler **10** umfasst als Hauptkonfiguration ein Werkzeugmagazin **11** und eine Magazinalteeinheit **12**. Das Werkzeugmagazin **11** ist eine Konstruktion, an der entlang ihres äußeren Umfangs mehrere Griffe **13** (die später beschrieben werden) angebracht sind und die im Wesentlichen scheibenförmig ist. Die Magazinalteeinheit **12** ist eine Vorrichtung, die das Werkzeugmagazin **11** so hält, dass das Werkzeugmagazin **11** frei drehbar ist, und die das Werkzeugmagazin **11** so dreht, dass der zu wechselnde Griff **13** unmittelbar unter die Spindel **21** bewegt wird. Bei der vorliegenden Ausführungsform stimmt die Grundfunktion des von der numerischen Steuerung **30** gesteuerten Werkzeugwechslers **10** im Wesentlichen mit der eines herkömmlichen Werkzeugwechslers überein.

[0009] Die Bearbeitungsvorrichtung **20** ist eine Vorrichtung, die ein an der Spindel **21** befestigtes Werkzeug so dreht und bewegt, dass das (nicht dargestellte) Werkstück bearbeitet wird. Die Bearbeitungsvorrichtung **20** umfasst als Hauptkonfiguration die Spindel **21** und einen Spindelkopf **22**. Bei der vorliegenden Ausführungsform bilden die Spindel **21**, der Spindelkopf **22** und ein Steuersystem (das später beschrieben wird) eine Spindeltriebseinheit. Die Spindel **21** ist ein Abschnitt, der die Werkzeughalterung **14** dreht, an der das Werkzeug angebracht ist, und der die Werkzeughalterung **14** bei befestigter Werkzeughalterung **14** hält. In der Spindel **21** sind, wie in **Fig. 5** gezeigt, Spindelpassfedern **212** vorgesehen, die in die Passfedernuten **144** der Werkzeughalterung **14** eingepasst werden können. Zwei Spindelpassfedern **212** sind um die Drehachse C der Werkzeughalterung **14** um 180 Grad voneinander

beabstandet an Positionen auf einander gegenüberliegenden Seiten vorgesehen. Gemäß **Fig. 5** sind die beiden Spindelpassfedern **212** in einer Links-/Rechts-Richtung in der Ebene der Figur vorgesehen. In der Spindel **21** ist eine Koppelstange **23** vorgesehen, die als Aufspannmechanismus für die Werkzeughalterung **14** dient.

[0010] Gemäß **Fig. 1** ist der Spindelkopf **22** ein Antriebsmechanismus, der die Spindel **21** dreht. Der Spindelkopf **22** umfasst einen Spindelmotor **317** (siehe **Fig. 7**), der eine Drehkraft auf die Spindel **21** aufbringt. Wenn eine Bearbeitung mit einem an der Spindel **21** angebrachten Drehwerkzeug ausgeführt wird, fungiert der Spindelmotor **317** als Spindelmotor, der mit einer hohen Drehzahl kontinuierlich gedreht wird. Wird andererseits mit einem an der Spindel **21** angebrachten festen Werkzeug eine Bearbeitung wie eine Presspolitur ausgeführt, fungiert der Spindelmotor **317** als Vorrichtung, die die Phase (Drehstellung) der Spindel **21** steuert. Der Spindelkopf **22** umfasst einen Hebe-/Senkmechanismus (auf dessen Bezugszeichen verzichtet wurde), der die Spindel **21** in der vertikalen Richtung (der Z-Richtung) hebt und senkt. Der Hebe-/Senkmechanismus umfasst einen Servomotor **313** (siehe **Fig. 7**) und dergleichen, die die Spindel **21** in der vertikalen Richtung (der Z-Richtung) vertikal bewegen. Die Arbeitsabläufe der Bearbeitungsvorrichtung **20** werden von der numerischen Steuerung **30** gesteuert, die später beschrieben wird.

[0011] Anschließend wird unter Bezugnahme auf **Fig. 2** die Konfiguration der Werkzeughalterung **14** beschrieben. Gemäß **Fig. 2** fällt die Drehachse C der Werkzeughalterung **14** mit der vertikalen Richtung (der Z-Richtung) zusammen, wenn die Werkzeughalterung **14** in eine Position bewegt wird, in der die Werkzeughalterung **14** an der Spindel **21** befestigt wird. Wie in **Fig. 2** gezeigt, umfasst die Werkzeughalterung **14** einen Kegelschaft **141**, einen Anzugsbolzen **142**, eine Haltenut **143**, die Passfedernut **144**, einen Halterungskopf **145** und das Werkzeug **146**.

[0012] Der Kegelschaft **141** ist ein Abschnitt, der in die konische Öffnung **213** (siehe **Fig. 5**) der Spindel **21** eingepasst wird und im Wesentlichen scheibenförmig ist. Der Anzugsbolzen **142** ist ein Abschnitt, der mit der in der Spindel **21** vorgesehenen Koppelstange **23** in Eingriff tritt. Der Anzugsbolzen **142** wird mit der Koppelstange **23** in der Aufwärtsrichtung (der Richtung + Z) der vertikalen Richtung nach oben gezogen, und dadurch wird die Werkzeughalterung **14** in der Spindel **21** gehalten. Der Anzugsbolzen **142** wird mit der Koppelstange **23** in der Abwärtsrichtung (der Richtung - Z) der vertikalen Richtung nach unten gezogen, und dadurch wird die Befestigung der Werkzeughalterung **14** an der Spindel **21** gelöst, wodurch die Werkzeughalterung **14** abgenommen werden kann.

[0013] Die Haltenut **143** ist ein Abschnitt, der von dem Griff **13** (der später beschrieben wird) gehalten wird. Die Haltenut **143** ist eine Nut (eine V-förmige Nut), die bei einer Betrachtung im Querschnitt rechtwinklig zur Drehachse **C** im Wesentlichen in der Form des Buchstaben V ausgebildet ist. Die Haltenut **143** ist ringförmig entlang des äußeren Umfangs der Werkzeughalterung **14** ausgebildet. Wie später beschrieben, sind die Passfedernuten **144** Nuten, die an den in der Spindel **21** vorgesehenen Spindelpassfedern **212** und der Griffpassfeder **136** (siehe **Fig. 5**) des Griffs **13** befestigt werden. Zwei Passfedernuten **144** sind um die Drehachse **C** der Werkzeughalterung **14** um 180 Grad voneinander beabstandet in Positionen auf einander gegenüberliegenden Seiten vorgesehen. In **Fig. 2** ist in der Werkzeughalterung **14** die Passfedernut **144** gezeigt, die auf der Vorderseite der Ebene der Figur vorgesehen ist, und die Passfedernut, die auf der Rückseite der Ebene der Figur vorgesehen ist, ist verdeckt, so dass sie nicht gezeigt ist. Der Halterungskopf **145** ist ein Abschnitt, der das Werkzeug **146** hält. Als Werkzeug **146** wird beispielsweise ein Bohrer, ein Schaftfräser, ein Gewindebohrer, ein Feinhobelwerkzeug oder eine Kantenfräse verwendet.

[0014] In der Werkzeughalterung **14** ist, wie in **Fig. 4** gezeigt, die Breite **W1** der Passfedernut **144** geringfügig größer als die Breite **W3** der Griffpassfeder **136** (des Griffs **13**) eingestellt, die später beschrieben wird. Wenn daher die Griffpassfeder **136** in der Mitte der Passfedernut **144** angeordnet ist, ist zwischen jeder der Seitenflächen der Griffpassfeder **136** an den Seiten und der Passfedernut **144** der Werkzeughalterung **14** ein Spalt **g1** ausgebildet. Wie in **Fig. 6A** gezeigt, ist die Breite **W1** der Passfedernut **144** ebenfalls geringfügig größer als die Breite **W2** der Spindelpassfeder **212** (der Spindel **21**) eingestellt. Wenn die Spindelpassfeder **212** in der Mitte der Passfedernut **144** angeordnet ist, ist daher zwischen jeder der Seitenflächen der Spindelpassfeder **212** an den Seiten und der Passfedernut **144** der Werkzeughalterung **14** ein Spalt **g2** ausgebildet.

[0015] Anschließend wird die Konfiguration des in dem Werkzeugmagazin **11** vorgesehenen Griffs **13** beschrieben. Wie in **Fig. 3** gezeigt, umfasst der Griff **13** an der Vorderseite eines Armhauptkörpers **131** Haltearme **132**. Wie in **Fig. 4** gezeigt, sind zwei Haltearme **132** so vorgesehen, dass sie die Werkzeughalterung **14** von beiden Seiten umschließen. Jeder der beiden Haltearme **132** umfasst an einem vorderen Abschnitt eine Halterolle **133**. Die Halterolle **133** ist ein Element, das mit der Haltenut **143** (der V-förmigen Nut) der Werkzeughalterung **14** in Eingriff tritt und scheibenförmig ist.

[0016] Ein Befestigungsstift **135** ist so pressgepasst, dass er durch einen an einer Spitze des Haltearms **132** vorgesehenen Öffnungsabschnitt **134** und eine

in der Mitte der Halterolle **133** vorgesehene (nicht dargestellte) Achsenöffnung verläuft, und dadurch ist die Halterolle **133** befestigt. Die beiden Haltearme **132** sind durch ein in dem Armhauptkörper **131** vorgesehenes (nicht dargestelltes) elastisches Element in einander entgegengesetzten Richtungen (nach innen) vorgespannt. Der Armhauptkörper **131** umfasst in der Nähe des mittleren Abschnitts die Griffpassfeder **136**. Die Griffpassfeder **136** ist ein Vorsprung zur Anordnung der zwischen den Haltearmen **132** gehaltenen Werkzeughalterung **14**.

[0017] In **Fig. 4** ist die Werkzeughalterung **14** zwischen die beiden Haltearme **132** eingeschoben, und daher stehen die an den Spitzen der Haltearme **132** vorgesehenen Halterollen **133** mit der Haltenut **143** der Werkzeughalterung **14** und die Passfedernut **144** der Werkzeughalterung **14** mit der Griffpassfeder **136** in Eingriff. In diesem Zustand wird die Werkzeughalterung **14** zwischen den beiden Haltearmen **132** gehalten, die in einander entgegengesetzten Richtungen vorgespannt sind. Die Passfedernut **144** der Werkzeughalterung **14** steht mit der Griffpassfeder **136** in Eingriff, und daher wird die Drehung der Werkzeughalterung **14** um die Richtung ihrer Achse reduziert. Wie vorstehend beschrieben, wird die Spindel **21** in einem in **Fig. 4** gezeigten Zustand gedreht, da die Spalte **g1** zwischen der Passfedernut **144** und der Griffpassfeder **136** vorgesehen sind, und dadurch wird zuverlässig ein Zustand herbeigeführt, in dem die Passfedernut **144** der Werkzeughalterung **14** gegen die Seitenfläche der Griffpassfeder **136** gedrückt wird.

[0018] Anschließend wird das Einpassen der Passfedern und der Passfedernuten bei der Befestigung der von dem Griff **13** gehaltenen Werkzeughalterung **14** an der Spindel **21** beschrieben. Wie in **Fig. 5** gezeigt, werden in einem Zustand, in dem die von dem Griff **13** gehaltene Werkzeughalterung **14** an der Spindel **21** befestigt wird, die Spindelpassfedern **212** der Spindel **21** und die Griffpassfeder **136** des Griffs **13** in die Passfedernuten **144** der Werkzeughalterung **14** eingepasst.

[0019] Genauer werden, wie in **Fig. 6A** gezeigt, die beiden in der Spindel **21** vorgesehenen Spindelpassfedern **212** einzeln in die beiden in der Werkzeughalterung **14** vorgesehenen Passfedernuten **144** eingepasst. Wenn sich die Spindel **21** und die Werkzeughalterung **14** in einer Positionsbeziehung wie der in **Fig. 6A** gezeigten befinden, werden die Spalte **g2** einzeln zwischen den Seitenflächen der Spindelpassfeder **212** an den Seiten und der Passfedernut **144** der Werkzeughalterung **14** gebildet. Wie in **Fig. 6B** gezeigt, wird die in dem Griff **13** vorgesehene Griffpassfeder **136** in eine der in der Werkzeughalterung **14** vorgesehenen Passfedernuten **144** eingepasst. Wenn sich der Griff **13** und die Werkzeughalterung **14** in einer Positionsbeziehung wie der in **Fig. 6B** ge-

zeigten befinden, werden die Spalte **g1** einzeln zwischen den Seitenflächen der Griffpassfeder **136** an den Seiten und der Passfedernut **144** der Werkzeughalterung **14** gebildet.

[0020] Nach der Befestigung der Werkzeughalterung **14** an der Spindel **21** wird der in dem Werkzeugmagazin **11** vorgesehene Griff **13** in eine von der Werkzeughalterung **14** getrennte Position bewegt. Dadurch wird die Position der Phasenbestimmung selbst dann nicht beeinträchtigt, wenn sich die zwischen der Griffpassfeder **136** und der Werkzeughalterung **14** entstandenen Spalte **g1** bei jedem Wechsel der Werkzeughalterung **14** voneinander unterscheiden. Bei jedem Wechsel der Werkzeughalterung **14** wird jedoch die Position der Phasenbestimmung beeinträchtigt, wenn sich die zwischen der Werkzeughalterung **14** und der Spindel **21** entstandenen Spalte **g2** voneinander unterscheiden. Daher wird bei der Werkzeugmaschine **1** gemäß der vorliegenden Ausführungsform, wie später beschrieben, die Steuerung so ausgeführt, dass die Spindel **21** bei der Befestigung der Werkzeughalterung **14** an der Spindel **21** zum Drücken der Spindelpassfedern **212** in die Passfedernuten **144** der Werkzeughalterung **14** gedreht wird, und dadurch ist die Position zur Bestimmung der Phase der Werkzeughalterung **14** in Bezug auf die Spindel **21** konstant die gleiche.

[0021] Anschließend wird die Konfiguration der numerischen Steuerung **30** beschrieben. **Fig. 7** ist ein Blockdiagramm, das die elektrische Konfiguration der numerischen Steuerung **30** zeigt. Die numerische Steuerung **30** ist eine Vorrichtung, die den Werkzeugwechsler **10** und die Bearbeitungsvorrichtung **20** so steuert, dass die Werkzeugmaschine **1** zum Ausführen einer vorgegebenen Bearbeitung veranlasst wird. Die numerische Steuerung **30** erzeugt beispielsweise entsprechend Bearbeitungsprogrammen Betriebsbefehle, die Bewegungsbefehle für einzelne Achsen und Drehbefehle für Motoren umfassen, die einzelne Abschnitte antreiben, und sendet die Betriebsbefehle an den Werkzeugwechsler **10** und die Bearbeitungsvorrichtung **20**. Auf diese Weise steuert die numerische Steuerung **30** die in einzelnen Vorrichtungen vorgesehenen Motoren so, dass eine Bearbeitung durch die Werkzeugmaschine **1** ausgeführt wird.

[0022] Wie in **Fig. 7** gezeigt, umfasst die numerische Steuerung **30** einen Prozessor **301**, ein ROM **302**, ein RAM **303**, ein SRAM **304**, eine PMC **305**, eine E-/A-Einheit **306**, eine Anzeigeeinheit **307**, eine Anzeigesteuereinheit **308**, eine Funktionseingabeeinheit **309**, eine Eingabesteuereinheit **310**, eine Achsensteuereinheit **311**, einen Servoverstärker **312**, eine Spindelsteuereinheit **315** und einen Spindelverstärker **316**, und die einzelnen Einheiten sind über einen Bus **319** elektrisch direkt oder indirekt miteinander verbunden. Der Servomotor **313**, ein Positions-/Drehzahldetektor **314**, ein Spindelmotor **317** und ein Positionsgeber

318 sind elektrisch an die numerische Steuerung **30** angeschlossen.

[0023] Der Prozessor (CPU) **301** liest zur Steuerung der gesamten numerischen Steuerung **30** entsprechend dem Systemprogramm ein in dem ROM **302** gespeichertes Systemprogramm. Wenn zum Zeitpunkt des Wechsels des Werkzeugs ein Befehl zur Bestimmung der Phase des Werkzeugs erteilt wird, führt der Prozessor **301** eine Phasenbestimmungsverarbeitung aus, die später beschrieben wird. In dem RAM **303** werden vorübergehend Berechnungsdaten, Anzeigedaten und unterschiedliche Typen von durch einen Bediener eingegebenen Daten gespeichert, die von dem Prozessor **301** verwendet werden. Bei der vorliegenden Ausführungsform fungiert das RAM **303** als Lastschwellenwertspeichereinheit, in der ein Schwellenwert für ein auf die Spindel **21** aufgebracht Lastmoment (ein Lastmomentschwellenwert T_{th}) gespeichert wird, eine Drehrichtungsspeichereinheit, in der Informationen zu der Drehrichtung der Spindel **21** bei der Ausführung der Phasenbestimmung an der Werkzeughalterung **14** gespeichert werden, und eine Drehstellungsspeichereinheit, in der Informationen (eine Spindelphasenposition θ) zur Drehstellung der Spindel **21** bei Abschluss der Phasenbestimmung an der Werkzeughalterung **14** gespeichert werden. Das SRAM **304** ist als nicht flüchtiger Speicher konzipiert, in dem gespeicherte Einzelheiten selbst dann gehalten werden, wenn der Strom der numerischen Steuerung **30** abgeschaltet ist.

[0024] Die PMC (die programmierbare Maschinensteuerung) **305** steuert den Werkzeugwechsler **10** und die Bearbeitungsvorrichtung **20** entsprechend einem Ablauf, Bearbeitungsbedingungen und dergleichen, die durch ein in der numerischen Steuerung **30** enthaltenes Ablaufprogramm vorgegeben sind. Die PMC **305** gibt über die E-/A-Einheit **306** unterschiedliche Typen von durch das Ablaufprogramm übertragenen Signalen an den Werkzeugwechsler **10** und die Bearbeitungsvorrichtung **20** aus, die extern angeordnet sind. Die PMC **305** ruft eine Signaleingabe des Bedieners von der Funktionseingabeeinheit **309** ab, führt eine vorgegebene Signalverarbeitung aus und sendet sie anschließend an den Prozessor **301**.

[0025] Die Anzeigeeinheit **307** ist eine Anzeigevorrichtung, auf der unterschiedliche Typen von Daten, Einzelheiten zu Einstellungen, der Status eines Arbeitsablaufs und dergleichen angezeigt werden können. Die Anzeigesteuereinheit **308** steuert die Einzelheiten der Anzeige auf der Anzeigeeinheit **307**. Die Funktionseingabeeinheit **309** ist eine Vorrichtung, über die der Bediener unterschiedliche Typen von Einstelldaten, numerischen Daten, Betriebsanweisungen und dergleichen eingeben kann. Die Funktionseingabeeinheit **309** wird beispielsweise von einer Tastatur, einer Maus und einer berührungs-

empfindlichen Bedienfläche gebildet (die nicht dargestellt sind). Die Eingabesteuereinheit **310** ruft über die Funktionseingabeeinheit **309** eingegebene Daten, Anweisungen und dergleichen ab und speichert sie in dem ROM **302**, dem RAM **303** und dergleichen.

[0026] Die Achsensteuereinheit **311** steuert die Bewegung des Spindelkopfs **22** in einer Richtung nach oben/unten (der Z-Richtung). Die Achsensteuereinheit **311** empfängt zur Ausgabe eines Drehmomentbefehls werts an den Servoverstärker **312** eine Bewegungsbefehlsgröße von dem Prozessor **301**. Der Servoverstärker **312** legt entsprechend dem von der Achsensteuereinheit **311** ausgegebenen Drehmomentbefehls wert einen Antriebsstrom an den Servomotor (den Z-Achsen-Motor) **313** an. Der Positions-/Drehzahldetektor **314** erfasst zur Ausgabe eines Positions-Drehzahl-Feedback-Signals an die Achsensteuereinheit **311** die Position und die Drehzahl des Servomotors **313**. Die Achsensteuereinheit **311** führt entsprechend dem von dem Positions-/Drehzahldetektor **314** ausgegebenen Positions-Drehzahl-Feedback-Signal eine Feedback-Regelung an der Position und der Drehzahl des Servomotors **313** aus.

[0027] Die Spindelsteuereinheit **315** steuert die Drehung der Spindel **21**. Die Spindelsteuereinheit **315** empfängt zur Ausgabe eines Spindeldrehzahlsignals an den Spindelverstärker **316** einen Spindeldrehbefehl von dem Prozessor **301**. Der Spindelverstärker **316** treibt den Spindelmotor **317** mit einer durch das Spindeldrehzahlsignal vorgegebenen Drehzahl an. Der Positionsgeber **318** gibt einen mit der Drehung des Spindelmotors **317** synchronen Feedback-Impuls an die Spindelsteuereinheit **315** aus. Die Spindelsteuereinheit **315** führt entsprechend dem von dem Positionsgeber **318** ausgegebenen Feedback-Impuls eine Feedback-Regelung an der Drehzahl des Spindelmotors **317** aus. In den (nicht dargestellten) Prozessor der Spindelsteuereinheit **315** ist eine Störgrößen-(Schätz-) Überwachung integriert. Die Spindelsteuereinheit **315** bestimmt das Lastmoment der Spindel **21** mittels der Störgrößenüberwachung. Da die Spindelsteuereinheit **315** einen an den Spindelmotor **317** angelegten Stromwert überwacht, kann das Lastmoment anhand des Stromwerts berechnet werden. Wie vorstehend beschrieben, muss bei der numerischen Steuerung **30** gemäß der vorliegenden Ausführungsform kein Sensor oder dergleichen zum Messen des Lastmoments der Spindel **21** in der Spindel **21**, dem Spindelmotor **317** oder beiden vorgesehen sein, wodurch die numerische Steuerung **30** leicht für vorhandene Werkzeugmaschinen verwendet werden kann. In **Fig. 7** sind nur der Motor und das zugehörige Steuersystem zum Bewegen des Spindelkopfs **22** in der Richtung nach oben/unten und der Motor und das zugehörige Steuersystem zum Drehen der Spindel **21** gezeigt, und auf die Darstellung eines X-Achsenmotors, eines Y-Achsenmotors, eines

Werkzeugmagazinmotors und des entsprechenden Steuersystems wurde verzichtet.

[0028] Als nächstes wird die von der numerischen Steuerung **30** gemäß der vorliegenden Ausführungsform ausgeführte Werkzeugwechselverarbeitung beschrieben. **Fig. 8** ist ein Ablaufdiagramm, das die von der numerischen Steuerung **30** ausgeführte Prozedur der Werkzeugwechselverarbeitung zeigt. Der Prozessor **301** analysiert die in dem ROM **302** gespeicherten Bearbeitungsprogramme entsprechend dem Systemprogramm, und dadurch wird die in **Fig. 8** gezeigte Werkzeugwechselverarbeitung ausgeführt. Die nachstehend beschriebene Steuerung durch den Prozessor **301** kann ganz oder teilweise von der PMC **305** ausgeführt werden (siehe **Fig. 7**).

[0029] Die **Fig. 9A** bis **Fig. 9C** sind schematische Ansichten, die eine Positionsbeziehung zwischen den Passfedern und den Passfedernuten bei einer Drehung der Spindel **21** aus der Drehstellung bei der Phasenbestimmung zeigen. Die **Fig. 9A** und **Fig. 9B** zeigen die Positionsbeziehung zwischen den Spindelpassfedern **212** und den Passfedernuten **144** der Werkzeughalterung **14**. **Fig. 9C** zeigt die Positionsbeziehung zwischen der Griffpassfeder **136** und der Passfedernut **144** der Werkzeughalterung **14**. **Fig. 10** ist eine Konzeptansicht, die eine Beziehung zwischen der Drehstellung der Spindel **21** und dem auf die Spindel aufgetragenen Lastmoment zeigt.

[0030] In dem in **Fig. 8** gezeigten Schritt **S101** bestimmt der Prozessor **301**, ob der Befehl zur Bestimmung der Phase des Werkzeugs gegeben wird oder nicht. Wenn der Prozessor **301** in Schritt **S101** bestimmt, dass der Befehl zur Bestimmung der Phase des Werkzeugs gegeben wird, wird die Verarbeitung mit Schritt **S102** fortgesetzt. Wenn der Prozessor **301** andererseits in Schritt **S101** bestimmt, dass der Befehl zur Bestimmung der Phase des Werkzeugs nicht erteilt wird, wird die Verarbeitung mit Schritt **S110** fortgesetzt.

[0031] In Schritt **S110** (Schritt **S101**: nein) steuert der Prozessor **301** das Werkzeugmagazin **11**, den Spindelkopf **22** und dergleichen so, dass ein normaler Werkzeugwechsel ausgeführt wird. Beim normalen Werkzeugwechsel wird die Werkzeughalterung **14** an der Spindel **21** befestigt, ohne dass die Phase der Werkzeughalterung **14** bestimmt wird. Nachdem die Verarbeitung in Schritt **S110** abgeschlossen ist, ist die Verarbeitung gemäß dem vorliegenden Ablaufdiagramm abgeschlossen.

[0032] In Schritt **S102** (Schritt **S101**: ja) steuert der Prozessor **301** das Werkzeugmagazin **11**, den Spindelkopf **22** und dergleichen so, dass die aktuell befestigte (nachstehend auch als „Werkzeughalterung A“ bezeichnete) Werkzeughalterung **14** abgenommen wird. Wenn beim vorhergehenden Werkzeugwechsel

die Phase der Werkzeughalterung **14** bestimmt wurde, wird in Schritt **S102**, wie später beschrieben, die Verarbeitung zur Kompensation der Drehstellung der Spindel **21** ausgeführt. In Schritt **S103** steuert der Prozessor **301** das Werkzeugmagazin **11** so, dass die spezifizierte (nachstehend auch als „Werkzeughalterung B“ bezeichnete) Werkzeughalterung **14** gesucht und in die Position für den Wechsel bewegt wird.

[0033] In Schritt **S104** steuert der Prozessor **301** den Spindelkopf **22** so, dass die in die Position für den Wechsel bewegte Werkzeughalterung **14** bis zu der Drehstellung für die Phasenbestimmung in die Spindel **21** eingesetzt wird. Bei der Werkzeugmaschine **1** gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird, wie in **Fig. 1** gezeigt, der Spindelkopf **22** in Bezug auf die von dem Griff **13** gehaltene Werkzeughalterung **14** (das Werkzeugmagazin **11**) in der Abwärtsrichtung (die Richtung - Z) bewegt, und dadurch wird die Werkzeughalterung **14** in die Spindel **21** eingeführt. Die Werkzeughalterung **14** kann zum Einführen der Werkzeughalterung **14** in die Spindel **21** in Bezug auf die Spindel **21** in der Aufwärtsrichtung bewegt werden.

[0034] Die Drehstellung für die Phasenbestimmung bezeichnet eine Position, in der die Spindelpassfedern **212** in die Passfedernuten **144** der Werkzeughalterung **14** eingepasst sind und in der die konische Öffnung **213** der Spindel **21** nicht mit dem Kegelschaft **141** der Werkzeughalterung **14** in Kontakt steht. Die vorstehend beschriebene **Fig. 5** zeigt einen Zustand, in dem die Werkzeughalterung **14** vollständig an der Spindel **21** befestigt ist. Wenn beispielsweise angenommen wird, dass in dem vorstehend beschriebenen befestigten Zustand die Position einer Endfläche **21a** der Spindel **21** in der vertikalen Richtung (der Z-Richtung) **Z0** ist, ist eine Position, die (in der Richtung + Z) nur um 1,0 mm von der Position **Z0** entfernt ist, die Drehstellung der Phasenbestimmung. Wenn, wie vorstehend beschrieben, angenommen wird, dass die Position, in der die Spindel **21** nicht mit der Werkzeughalterung **14** in Kontakt steht, die Drehstellung der Phasenbestimmung ist, wird zwischen der konischen Öffnung **213** der Spindel **21** und dem Kegelschaft **141** der Werkzeughalterung **14** kein Reibungswiderstand erzeugt, wodurch es möglich ist, das auf die Spindel **21** aufgebrachte Lastmoment genauer zu messen.

[0035] Die Drehstellung der Phasenbestimmung ist nicht auf dieses Beispiel beschränkt, und die Drehstellung der Phasenbestimmung kann beispielsweise eine Position sein, in der die konische Öffnung **213** der Spindel **21** in geringfügigem Kontakt mit dem Kegelschaft **141** der Werkzeughalterung **14** steht. Anders ausgedrückt kann die konische Öffnung **213** der Spindel **21** mit dem Kegelschaft **141** der Werkzeughalterung **14** in Kontakt stehen, solange die Spindel **21** so gedreht wird, dass die Spindelpassfedern **212**

in der Drehstellung der Phasenbestimmung gegen die Passfedernuten **144** der Werkzeughalterung **14** gedrückt werden können.

[0036] In Schritt **S105** ruft der Prozessor **301** die Informationen zu der Drehrichtung der Spindel **21** bei der Ausführung der Phasenbestimmung aus dem RAM **303** ab. Anschließend steuert der Prozessor **301** den Spindelmotor **317** (siehe **Fig. 7**) so, dass die Spindel **21** in eine vorab eingestellte Drehrichtung gedreht wird.

[0037] Hier wird unter Bezugnahme auf die **Fig. 9A** bis **Fig. 9C** die Positionsbeziehung zwischen den Passfedern und den Passfedernuten beim Drehen der Spindel **21** in die Drehstellung der Phasenbestimmung beschrieben. Wie in **Fig. 9A** gezeigt, sind die Spalte zwischen den Spindelpassfedern **212** und den Passfedernuten **144** der Werkzeughalterung **14** vorhanden, bevor die Spindel **21** in die Drehstellung der Phasenbestimmung gedreht wird, und daher stehen die Spindelpassfedern **212** nicht mit den Passfedernuten **144** in Kontakt. Obwohl **Fig. 9A** ein Beispiel zeigt, bei dem die Spindelpassfedern **212** in der Drehstellung der Phasenbestimmung in den Mitten der Passfedernuten **144** angeordnet sind, wird in Wirklichkeit eine derartige Positionsbeziehung ist nicht immer erreicht, und die Spindelpassfedern **212** können mit den Passfedernuten **144** in Kontakt stehen.

[0038] Wenn die Spindel **21** dann im Uhrzeigersinn (in der Richtung der Pfeile in der Figur) aus der in **Fig. 9A** gezeigten Drehstellung der Phasenbestimmung gedreht wird, wie in **Fig. 9B** gezeigt, wird die Seitenfläche beider oder einer der beiden Spindelpassfedern **212** gegen die Passfedernut **144** der Werkzeughalterung **14** (den Abschnitt a in der Figur) gedrückt. **Fig. 9B** zeigt einen Zustand, in dem die Seitenflächen beider Spindelpassfedern **212** gegen die Passfedernuten **144** der Werkzeughalterung **14** gedrückt werden. Wenn die Spindel **21** im Uhrzeigersinn gedreht wird, wird von den Spindelpassfedern **212** Druck auf die die Passfedernuten **144** der Werkzeughalterung **14** ausgeübt, und daher wird auch die Werkzeughalterung **14** im Uhrzeigersinn gedreht. Die Spindel **21** kann im Gegenuhrzeigersinn gedreht werden. In diesem Fall werden die Seitenflächen der Spindelpassfedern **212** auf der **Fig. 9B** entgegengesetzten Seite gegen die Passfedernuten **144** der Werkzeughalterung **14** gedrückt.

[0039] Wenn die Werkzeughalterung **14** im Uhrzeigersinn gedreht wird, wie in **Fig. 9C** gezeigt, wird eine Seitenfläche der Griffpassfeder **136** (des Griffs **13**) gegen die Passfedernut **144** der Werkzeughalterung **14** gedrückt (Abschnitt b in der Figur). Der Griff **13**, der die Griffpassfeder **136** hält, ist an dem Werkzeugmagazin **11** befestigt. Wenn die eine Seitenfläche der Griffpassfeder **136** gegen die Passfedernut **144** der Werkzeughalterung **14** gedrückt wird, wird

daher die Drehung der Spindel **21** zusammen mit der Werkzeughalterung **14** verhindert, wodurch das auf die Spindel **21** aufgebrachte Lastmoment allmählich erhöht wird.

[0040] Unter erneuter Bezugnahme auf **Fig. 8** wird die Werkzeugwechselverarbeitung beschrieben. In dem in **Fig. 8** gezeigten Schritt **S106** ruft der Prozessor **301** den (nachstehend auch als „Lastmomentwert **T1**“ bezeichneten) Wert des Lastmoments der Spindel **21** ab, der von der Spindelsteuereinheit **315** bestimmt wird (siehe **Fig. 7**). Der Prozessor **301** ruft auch einen (nachstehend auch als „Lastmomentschwellenwert **Tth**“ bezeichneten) Schwellenwert für das Lastmoment aus dem RAM **303** ab. Dann bestimmt der Prozessor **301**, ob der Lastmomentwert **T1** den Lastmomentschwellenwert **Tth** übersteigt oder nicht. Der Lastmomentwert **T1** verändert sich in Echtzeit. Daher ruft der Prozessor **301** den Lastmomentwert **T1** beispielsweise alle paar Millisekunden ab, um die vorstehend beschriebene Bestimmung vorzunehmen.

[0041] Wie in **Fig. 10** gezeigt, erhöht sich das Lastmoment der Spindel **21** proportional zur Drehstellung der Spindel **21**. Wenn jedoch die Griffpassfeder **136** so gegen die Passfedernut **144** der Werkzeughalterung **14** gedrückt wird, dass die Drehung der Spindel **21** verhindert wird, wird dann die Erhöhung des Lastmoments verringert, und anschließend verbleibt ein im Wesentlichen konstanter Lastmomentwert **Tmax**. Daher wird angenommen, dass ein Wert, der geringfügig niedriger als der Lastmomentwert **Tmax** ist, der Lastmomentschwellenwert **Tth** ist, und daher kann, wenn der Lastmomentwert **T1** den Lastmomentschwellenwert **Tth** übersteigt, angenommen werden, dass die Spindel **21** in die Position gedreht wird, in der die Spindelpassfedern **212** gegen die Passfedernuten **144** der Werkzeughalterung **14** gedrückt werden. In **Fig. 10** bezeichnet eine Spindeldrehstellung **S** eine Position, in der davon ausgegangen wird, dass die Position erreicht ist, in der die Spindelpassfedern **212** gegen die Passfedernuten **144** der Werkzeughalterung **14** gedrückt werden.

[0042] Unter erneuter Bezugnahme auf **Fig. 8** wird die Werkzeugwechselverarbeitung beschrieben. Wenn der Prozessor **301** in dem in **Fig. 8** gezeigten Schritt **S106** bestimmt, dass der Lastmomentwert **T1** den Lastmomentschwellenwert **Tth** nicht übersteigt, wird die Verarbeitung mit Schritt **S106** fortgesetzt. Wenn der Prozessor **301** andererseits bestimmt, dass der Lastmomentwert **T1** den Lastmomentschwellenwert **Tth** übersteigt, wird die Verarbeitung mit Schritt **S107** fortgesetzt.

[0043] In Schritt **S107** (Schritt **S106**: ja) steuert der Prozessor **301** den Spindelmotor **317** so, dass die Drehung der Spindel **21** beendet wird. In Schritt **S107**

wird die Drehung der Spindel **21** beendet, und daher ist die Phasenbestimmung der Werkzeughalterung **14** abgeschlossen. In Schritt **S108** steuert der Prozessor **301** das Werkzeugmagazin **11**, den Spindelkopf **22** und dergleichen so, dass die Werkzeughalterung **14** vollständig an der Spindel **21** befestigt wird.

[0044] In Schritt **S109** speichert der Prozessor **301** Informationen zu der Drehstellung der Spindel **21** (die Spindelphasenposition θ) in dem RAM **303**, wenn die Phasenbestimmung der Werkzeughalterung **14** abgeschlossen ist. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist die Spindelphasenposition θ der Drehwinkel der Spindel **21** bis zur Beendigung der Drehung der Spindel **21** in Schritt **S107** nach der Drehung der Spindel **21** in Schritt **S105**. Auf die Spindelphasenposition θ wird bei der Verarbeitung zur Entfernung der Werkzeughalterung **14** Bezug genommen, die später beschrieben wird. Nachdem die Verarbeitung in Schritt **S109** abgeschlossen ist, ist die Verarbeitung gemäß dem vorliegenden Ablaufdiagramm abgeschlossen.

[0045] Als nächstes wird die Verarbeitung zur Kompensation der Drehstellung der Spindel **21** in Schritt **S102** beschrieben. **Fig. 11** ist ein Ablaufdiagramm, das die Prozedur der Verarbeitung zur Kompensation der Drehstellung der Spindel **21** zeigt, wenn die Werkzeughalterung **14** abgenommen wird. Die in **Fig. 11** gezeigte Verarbeitung wird als Subroutine des Schritts **S102** in dem in **Fig. 8** gezeigten Ablaufdiagramm (der Hauptroutine) ausgeführt. In dem in **Fig. 11** gezeigten Schritt **S201** ruft der Prozessor **301** die Informationen zu der Drehrichtung der Spindel **21** beim Ausführen der Phasenbestimmung aus dem RAM **303** ab.

[0046] In Schritt **S202** ruft der Prozessor **301** die Spindelphasenposition θ als Informationen zu der Drehstellung der Spindel **21** nach Abschluss der Phasenbestimmung der Werkzeughalterung **14** aus dem RAM **303** ab. In Schritt **S203** berechnet der Prozessor **301** einen Halbwert ($\theta/2$) der Spindelphasenposition θ . Dann steuert der Prozessor **301** den Spindelmotor **317** so, dass die Spindel **21** nur um den Halbwert in eine der Drehrichtung beim Ausführen der Phasenbestimmung entgegengesetzte Richtung gedreht wird. In Schritt **S04** steuert der Prozessor **301** das Werkzeugmagazin **11**, den Spindelkopf **22** und dergleichen so, dass die aktuell befestigte Werkzeughalterung **14** entfernt wird. Nachdem die Verarbeitung in Schritt **S204** abgeschlossen ist, wird die Verarbeitung wieder auf die in **Fig. 8** gezeigte Hauptroutine zurückgesetzt.

[0047] Durch die vorstehend beschriebene Werkzeugmaschine **1** gemäß der vorliegenden Ausführungsform werden die folgenden Ergebnisse erzielt. Bei der Werkzeugmaschine **1** wird die Spindel **21**

bei der Befestigung der Werkzeughalterung **14** an der Spindel **21** in einem Zustand gedreht, in dem die Werkzeughalterung **14** bis zu der Drehstellung der Phasenbestimmung in die Spindel **21** eingeführt ist, und daher werden die Spindelpassfedern **212** gegen die Passfedernuten **144** der Werkzeughalterung **14** gedrückt, wodurch die Phase der Werkzeughalterung **14** in Bezug auf die Spindel **21** bestimmt wird. Auf diese Weise ist die Position der Phasenbestimmung der eingewechselten Werkzeughalterung **14** in Bezug auf die Drehrichtung der Spindel **21** konstant die gleiche, und daher ist es bei der Bearbeitung, bei der der Spindelkopf **22** mit befestigter Spindel **21** bewegt wird, möglich, zu veranlassen, dass die Positionen des Werkstücks und des Werkzeug genauer zusammentreffen. Da es bei der Werkzeugmaschine **1** nicht erforderlich ist, ein elastisches Element zu der Passfedernut der Werkzeughalterung **14** oder eine konische Oberfläche hinzuzufügen, kann die Verringerung der Stabilität einzelner ihrer Abschnitte reduziert werden. Daher ist es bei der Werkzeugmaschine **1** gemäß der vorliegenden Ausführungsform möglich, ohne eine Veränderung bestehender Maschinenaustattungen leicht und zuverlässig eine Phasenbestimmung auszuführen.

[0048] Wenn die Werkzeugmaschine **1** die Spindel **21** dreht, dreht die Werkzeugmaschine **1** die Spindel **21** entsprechend einem Zustand bezüglich der Drehrichtung der Spindel **21**. Auf diese Weise kann die Phasenbestimmung an der eingewechselten Werkzeughalterung **14** in Bezug auf die Drehrichtung der Spindel **21** konstant an der Position mit der gleichen Richtung ausgeführt werden, und dadurch ist es möglich, die Genauigkeit der Phasenbestimmung weiter zu verbessern.

[0049] Nach dem Drehen der Spindel **21** durch die Werkzeugmaschine **1** bestimmt die Werkzeugmaschine **1** anhand des auf die Spindel **21** aufgebrachten Lastmomentwerts **T1** und des Lastmoment-schwellenwerts **Tth**, ob die Phasenbestimmung der Werkzeughalterung **14** abgeschlossen ist oder nicht. Dadurch ist es bei der Werkzeugmaschine **1** möglich, genauer und zuverlässiger zu erkennen, dass die Spindelpassfedern **212** gegen die Passfedernuten **144** der Werkzeughalterung **14** gedrückt werden.

[0050] Wenn bei der Werkzeugmaschine **1** die Werkzeughalterung **14** gewechselt wird, wird die Spindel **21** in die der Drehrichtung beim Ausführen der Phasenbestimmung entgegengesetzte Richtung gedreht, und dadurch wird die Drehstellung der Spindel **21** kompensiert. Auf diese Weise wird beim Abnehmen der Werkzeughalterung **14** verhindert, dass die Werkzeughalterung **14** abgenommen wird, während die Passfedernuten **144** der Werkzeughalterung **14** mit den Spindelpassfedern **212** und der Griffpassfeder **136** in Kontakt stehen, wodurch der Verschleiß der Passfedernuten **144** in der Werkzeughalterung

14 reduziert werden kann. Daher ist es möglich, über einen langen Zeitraum eine hoch genaue Phasenbestimmung auszuführen.

[0051] Obwohl vorstehend die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben ist, ist die vorliegende Erfindung nicht auf die vorstehend beschriebene Ausführungsform beschränkt, und es sind unterschiedliche Abänderungen und Modifikationen wie Varianten, die später beschrieben werden, möglich, und diese sind ebenfalls in den technischen Umfang der vorliegenden Erfindung aufgenommen. Die im Zusammenhang mit den Ausführungsform beschriebenen Ergebnisse sind einfach eine Liste der bevorzugtesten der durch die vorliegende Erfindung erzielten Ergebnisse, und es besteht keine Beschränkung auf die im Zusammenhang mit der Ausführungsform beschriebenen. Obwohl die vorstehend beschriebene Ausführungsform und die Varianten, die später beschrieben werden, gegebenenfalls kombiniert verwendet werden können, wird auf eine diesbezügliche genaue Beschreibung verzichtet.

(Varianten)

[0052] Obwohl im Zusammenhang mit der Ausführungsform das Beispiel beschrieben ist, bei dem anhand des auf die Spindel **21** aufgebrachten Lastmomentwerts **T1** und des Lastmomentschwellenwerts **Tth** bestimmt wird, ob die Phasenbestimmung der Werkzeughalterung **14** abgeschlossen ist oder nicht, besteht keine Beschränkung auf dieses Beispiel. Die Phasenbestimmung der Werkzeughalterung **14** kann abgeschlossen sein, wenn die Spindel **21** nach der Drehung der Spindel **21** in eine vorgegebenen Drehstellung gedreht wird, oder die Phasenbestimmung der Werkzeughalterung **14** kann abgeschlossen sein, nachdem die Spindel **21** über eine vorgegebene Zeitspanne gedreht wurde. Es kann mittels eines Sensors oder dergleichen erfasst werden, dass die Spindelpassfedern **212** gegen die Passfedernuten **144** der Werkzeughalterung **14** gedrückt werden.

[0053] Obwohl im Zusammenhang mit der Ausführungsform das Beispiel beschrieben ist, bei dem die Spindelphasenposition θ als Informationen zu der Drehstellung der Spindel **21** nach Abschluss der Phasenbestimmung der Werkzeughalterung **14** verwendet wird, besteht keine Beschränkung auf dieses Beispiel. Anstelle der Speicherung der Spindelphasenposition θ kann vorab ein Winkel eingestellt werden, mit dem die Spindel **21** in die entgegengesetzte Richtung gedreht wird, und anstelle der Entfernung der Werkzeughalterung **14** kann die Spindel **21** nur um diesen Winkel gedreht werden.

Bezugszeichenliste

1: Werkzeugmaschine, 10: Werkzeugwechsler, 11: Werkzeugmagazin, 13: Griff, 14: Werkzeughalte-

rung, 20: Bearbeitungsvorrichtung, 21: Spindel, 22: Spindelkopf, 23: Koppelstange, 30: numerische Steuerung, 136: Griffpassfeder, 141: Kegelschaft, 144: Passfedernut, 146: Werkzeug, 212: Spindelpassfeder, 301: Prozessor, 302: ROM, 303: RAM (Lastschwellenwertspeichereinheit, Drehrichtungsspeichereinheit, Drehstellungsspeichereinheit), 304: SRAM, 305: PMC, 311: Achsensteuereinheit, 313: Servomotor, 314: Positions-/Drehzahldetektor, 315: Spindelsteuereinheit, 317: Spindelmotor, 318: Positionsgeber

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2002307257 [0002]
- JP H01114244 [0002]
- JP H0362745 [0002]

Patentansprüche

1. Eine Werkzeugmaschine (1), die umfasst: eine Werkzeughalterung (14), die ein Werkzeug und eine Passfedernut (144) umfasst;
 eine Spindeltriebseinheit, die eine Spindelpassfeder (212), die in die Passfedernut (144) der Werkzeughalterung (14) eingepasst werden kann, und eine Spindel (21) umfasst und die Werkzeughalterung (14) abnehmbar hält;
 einen Werkzeugwechsler (10), der eine Griffpassfeder (136), die in die Passfedernut (144) der Werkzeughalterung (14) eingepasst werden kann, und einen Griff (13) umfasst, der die Werkzeughalterung (14) in Bezug auf die Spindel (21) an einer festgelegten Position hält; und
 eine numerische Steuerung (30), die den Werkzeugwechsler (10) zur Befestigung und zum Entfernen der Werkzeughalterung (14) in Bezug auf die Spindel (21) steuert,
 wobei die numerische Steuerung (30) die Spindeltriebseinheit so steuert, dass die Spindel (21) zum Drücken der Spindelpassfeder (212) gegen die Passfedernut (144) der Werkzeughalterung (14) zur Bestimmung einer Phase der Werkzeughalterung (14) in Bezug auf die Spindel (21) gedreht wird, wenn die von dem Griff (13) gehaltene Werkzeughalterung (14) in einem Zustand, in dem zumindest die Passfedernut (144) der Werkzeughalterung (14) in die Spindelpassfeder (212) eingesetzt ist, an der Spindel (21) befestigt wird.

2. Werkzeugmaschine (1) nach Anspruch 1, die umfasst:
 eine Lastschwellenwertspeichereinheit (303), in der ein Schwellenwert für eine auf die Spindel (21) aufgebrachte Last (T1) gespeichert ist,
 wobei die numerische Steuerung (30) bei der Bestimmung der Phase der Werkzeughalterung (14) anhand der auf die Spindel (21) aufgebrachten Last (T1) und des in der Lastschwellenwertspeichereinheit (303) gespeicherten Schwellenwerts (Tth) für die Last bestimmt, ob die Bestimmung der Phase der Werkzeughalterung (14) abgeschlossen ist oder nicht.

3. Werkzeugmaschine (1) nach Anspruch 1 oder 2, die umfasst:
 eine Drehrichtungsspeichereinheit (303), in der Informationen zu einer Drehrichtung der Spindel (21) bei der Bestimmung der Phase der Werkzeughalterung (14) gespeichert werden,
 wobei die numerische Steuerung (30) bei der Bestimmung der Phase der Werkzeughalterung (14) die Spindel (21) entsprechend den in der Drehrichtungsspeichereinheit (303) gespeicherten Informationen zu der Drehrichtung der Spindel (21) dreht.

4. Werkzeugmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, die umfasst:

eine Drehstellungsspeichereinheit (303), in der Informationen zu einer Drehstellung der Spindel (21) um eine Achse bei Abschluss der Bestimmung der Phase der Werkzeughalterung (14) gespeichert werden, wobei die numerische Steuerung (30) bei Abschluss der Bestimmung der Phase der Werkzeughalterung (14) die Drehstellung der Spindel (21) entsprechend den in der Drehstellungsspeichereinheit (303) gespeicherten Informationen zu der Drehstellung kompensiert.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

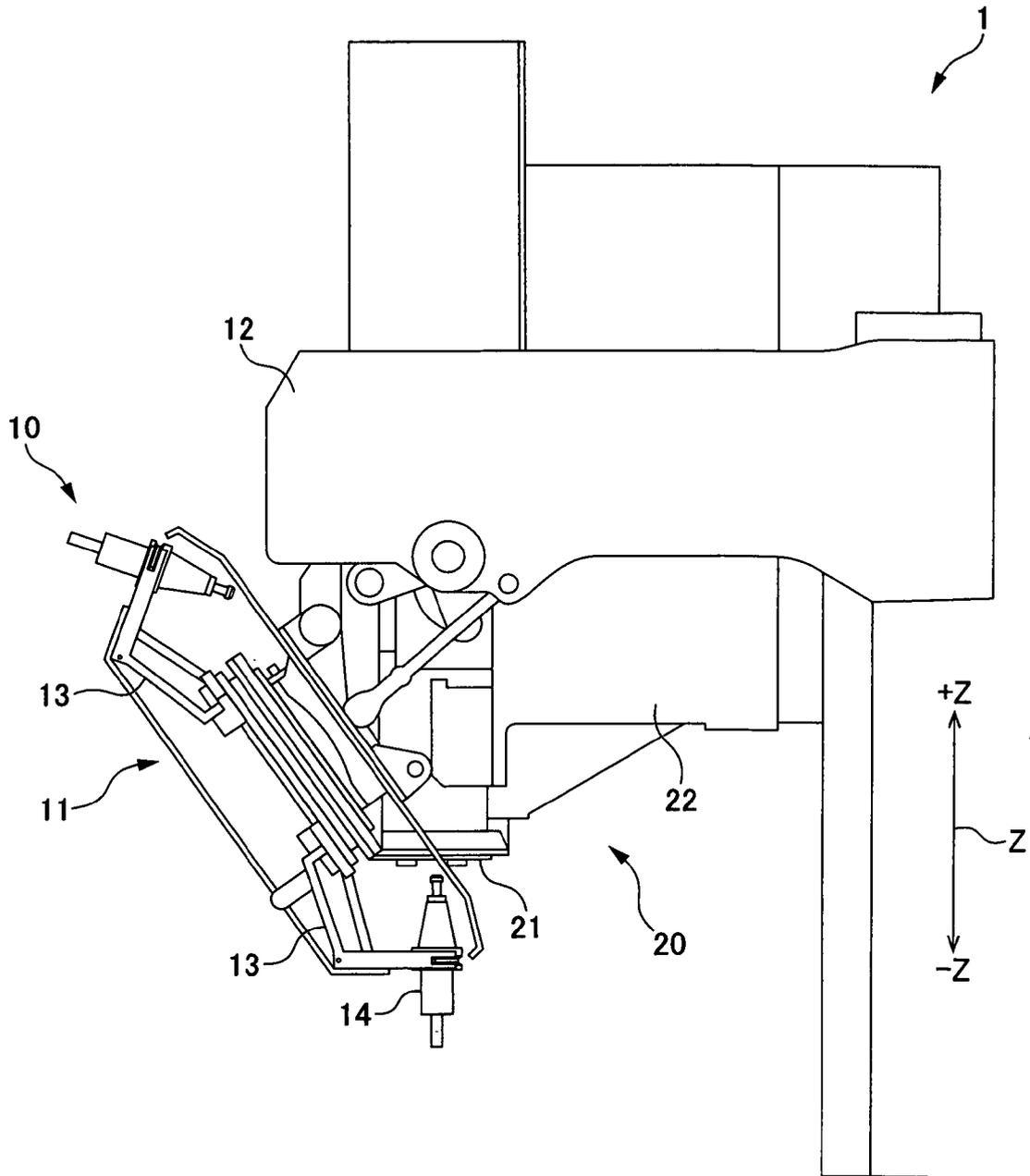


FIG. 2

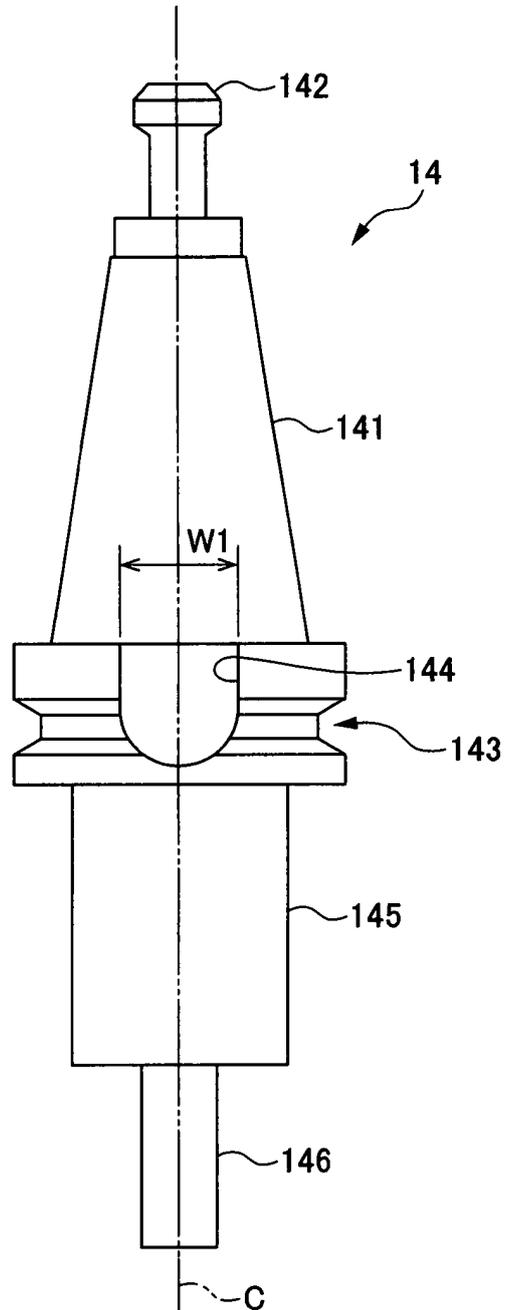


FIG. 3

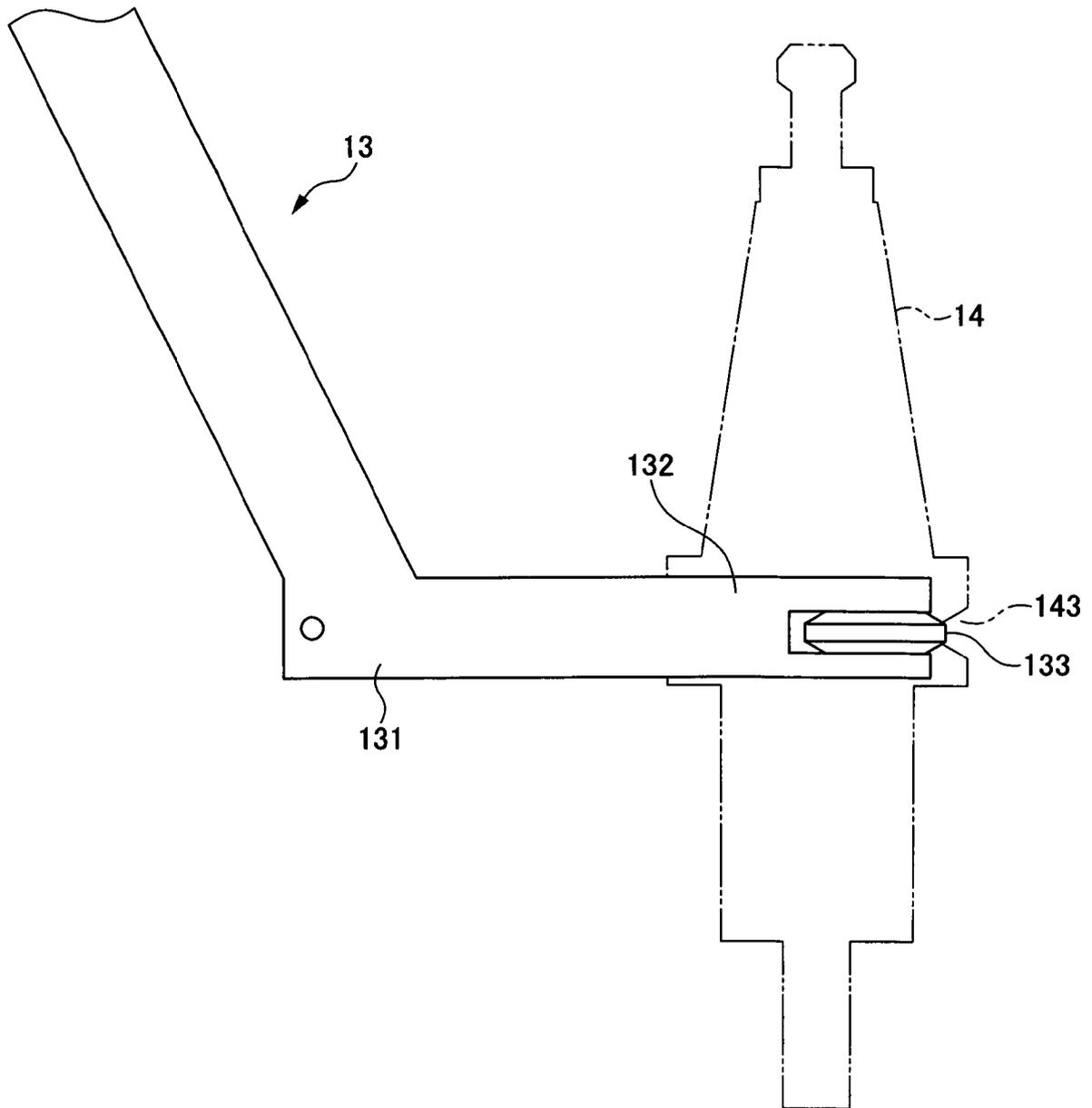


FIG. 4

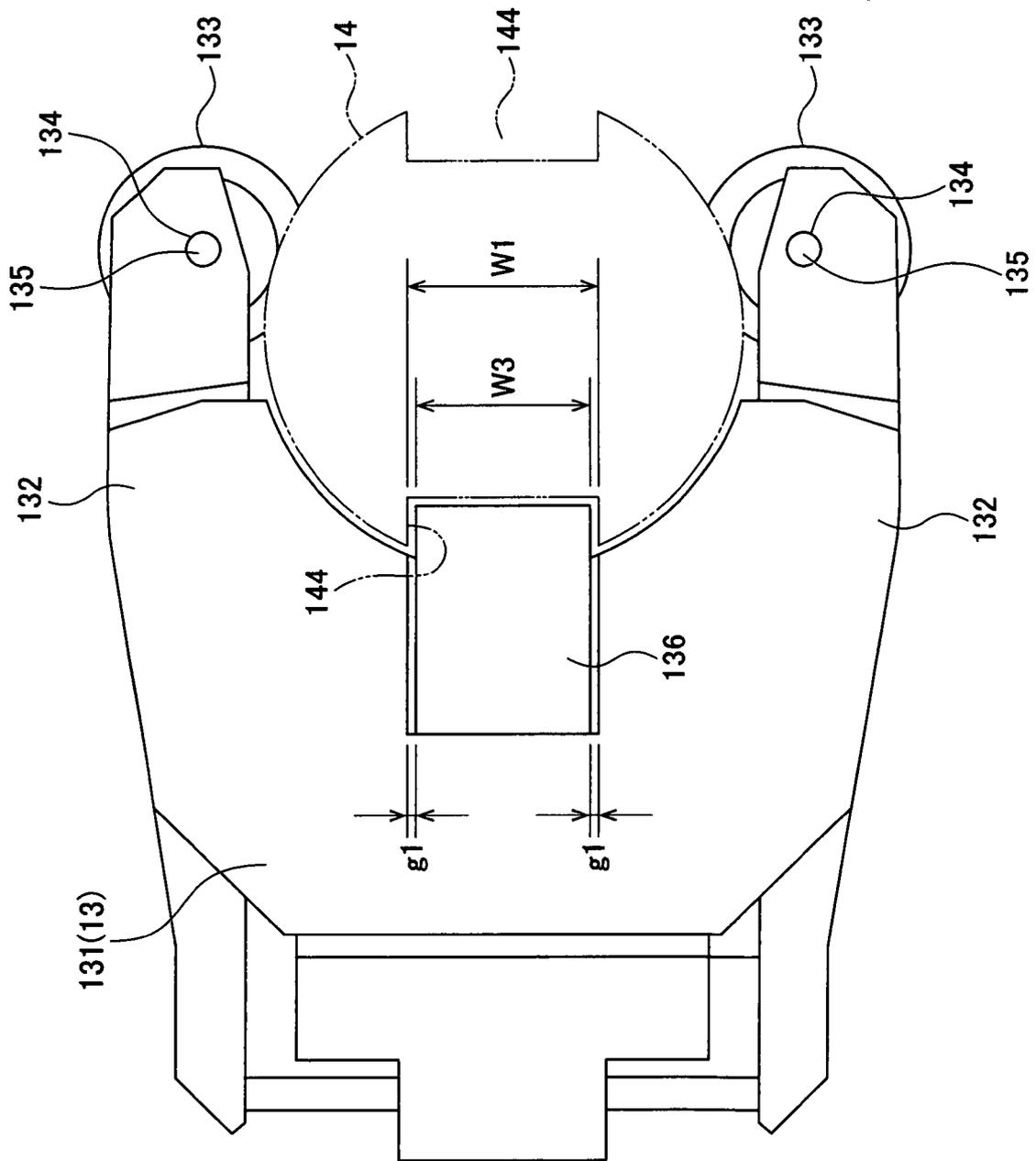


FIG. 5

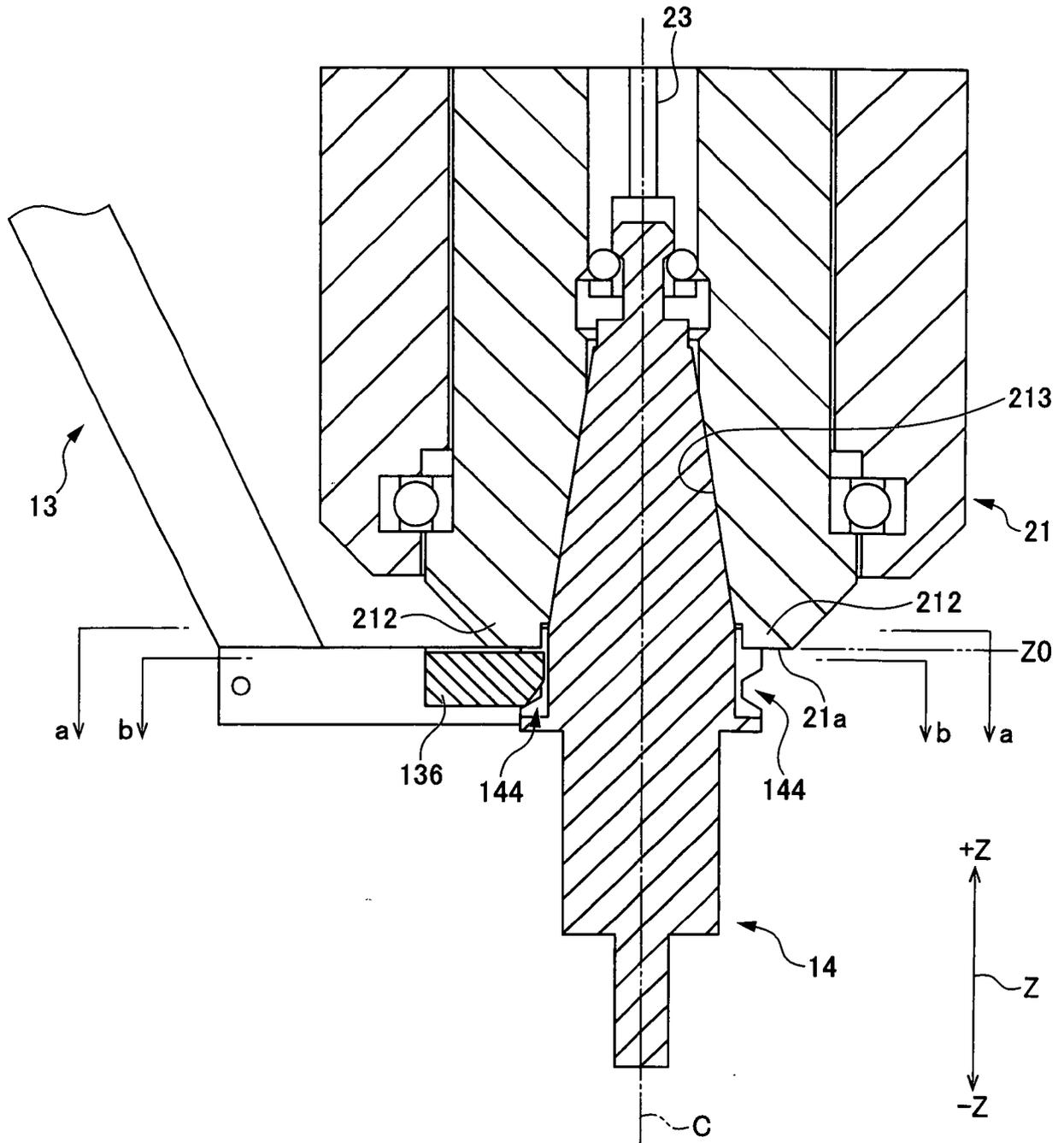


FIG. 6A

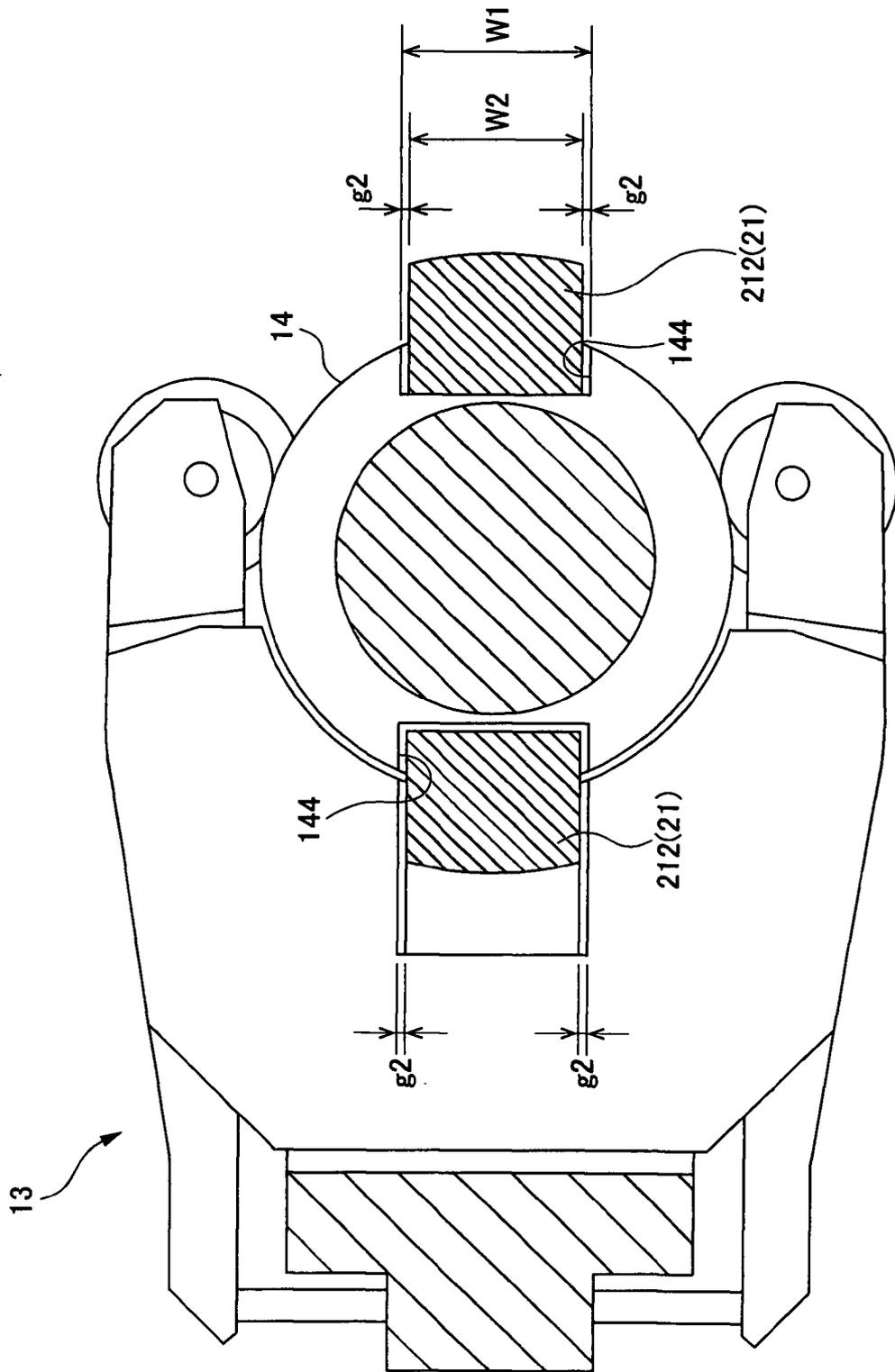


FIG. 6B

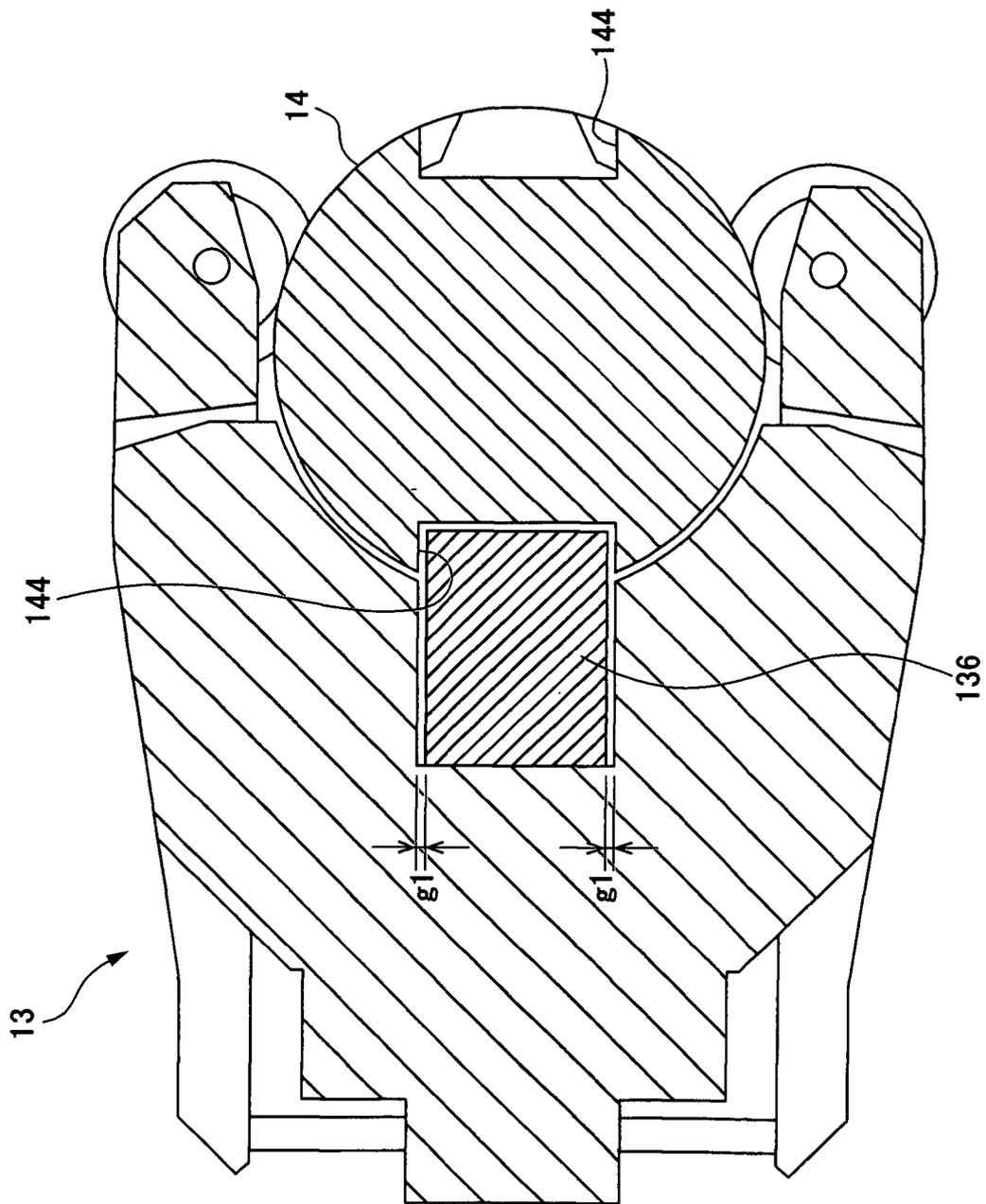


FIG. 7

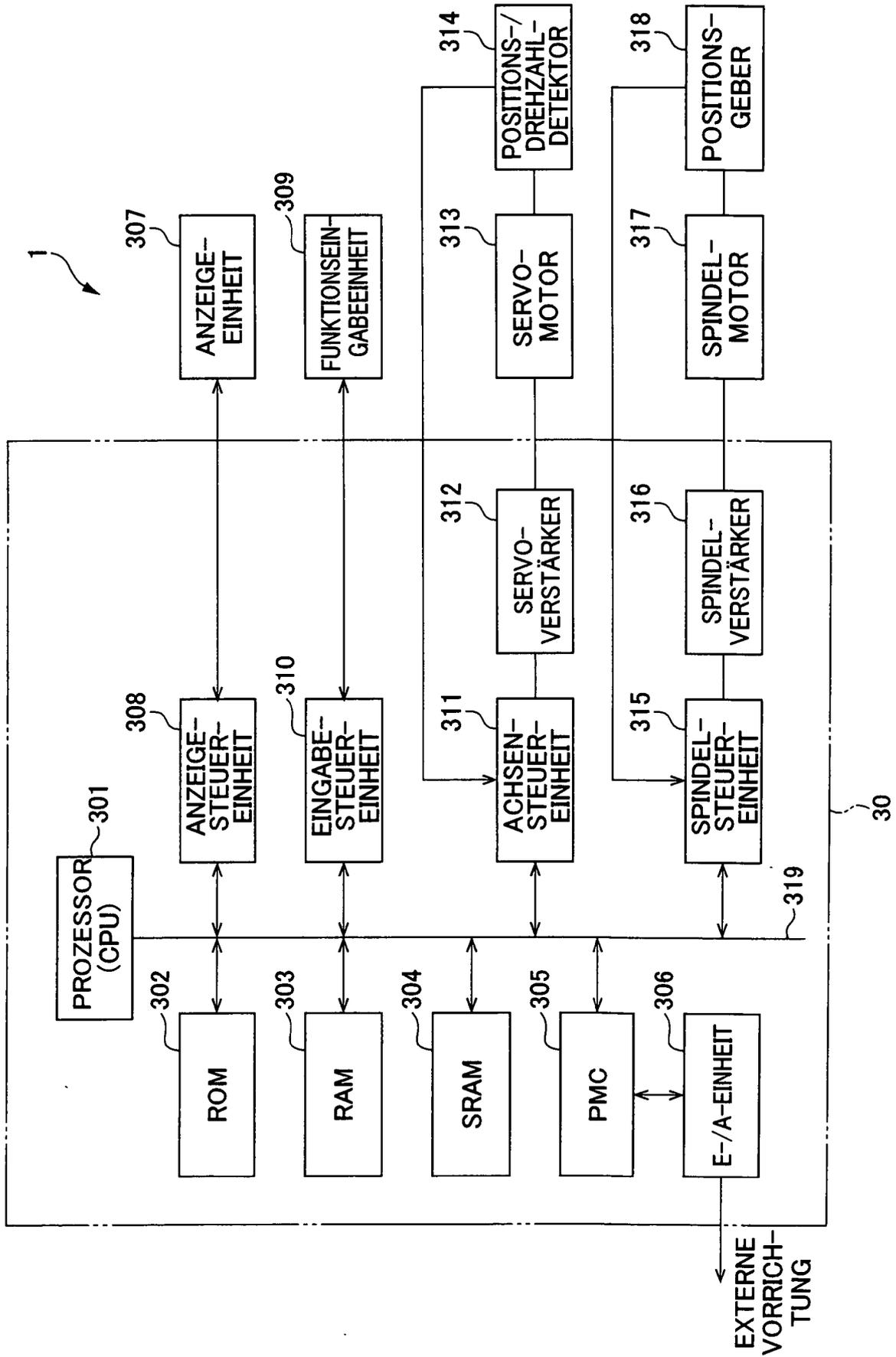


FIG. 8

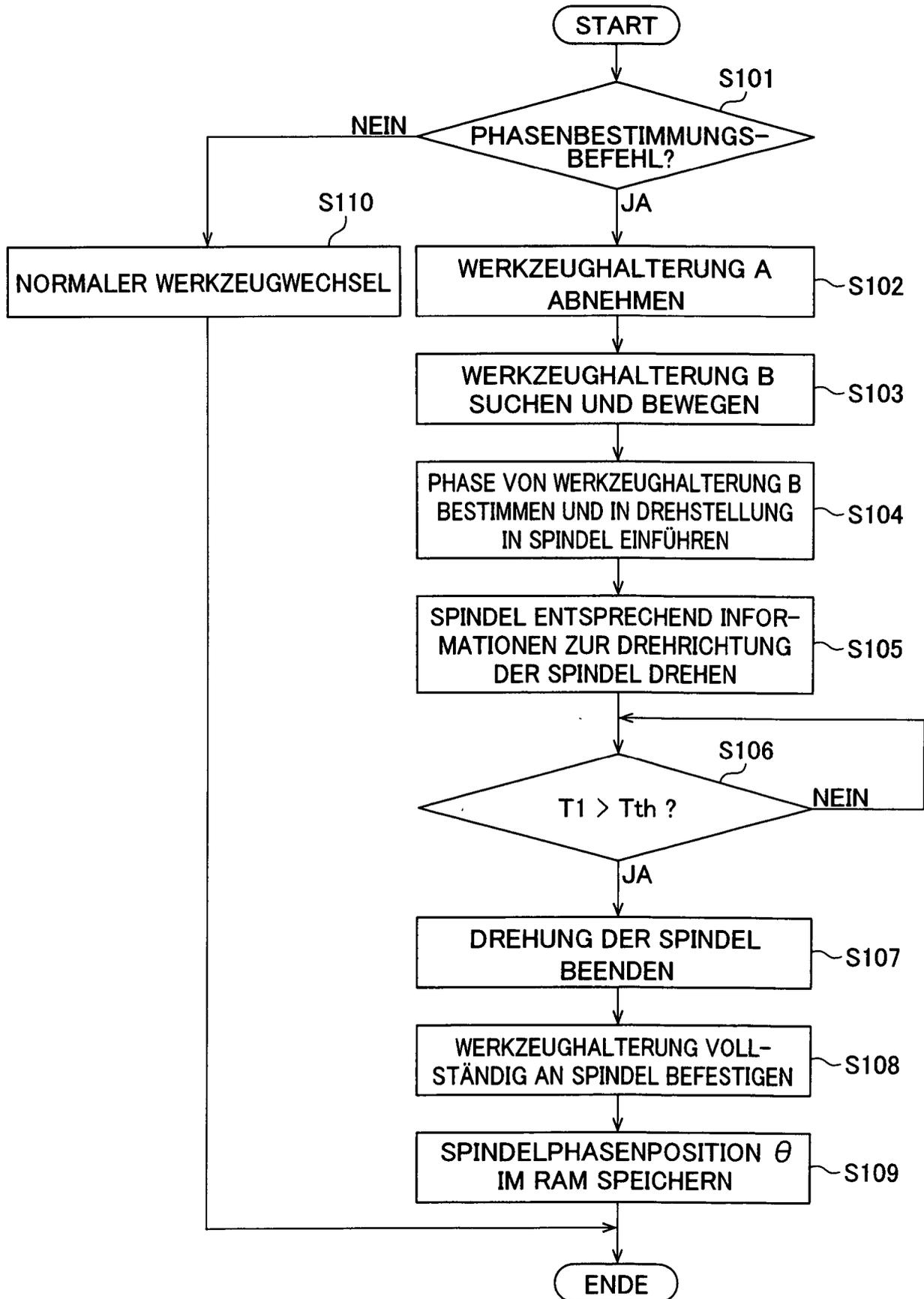


FIG. 9A

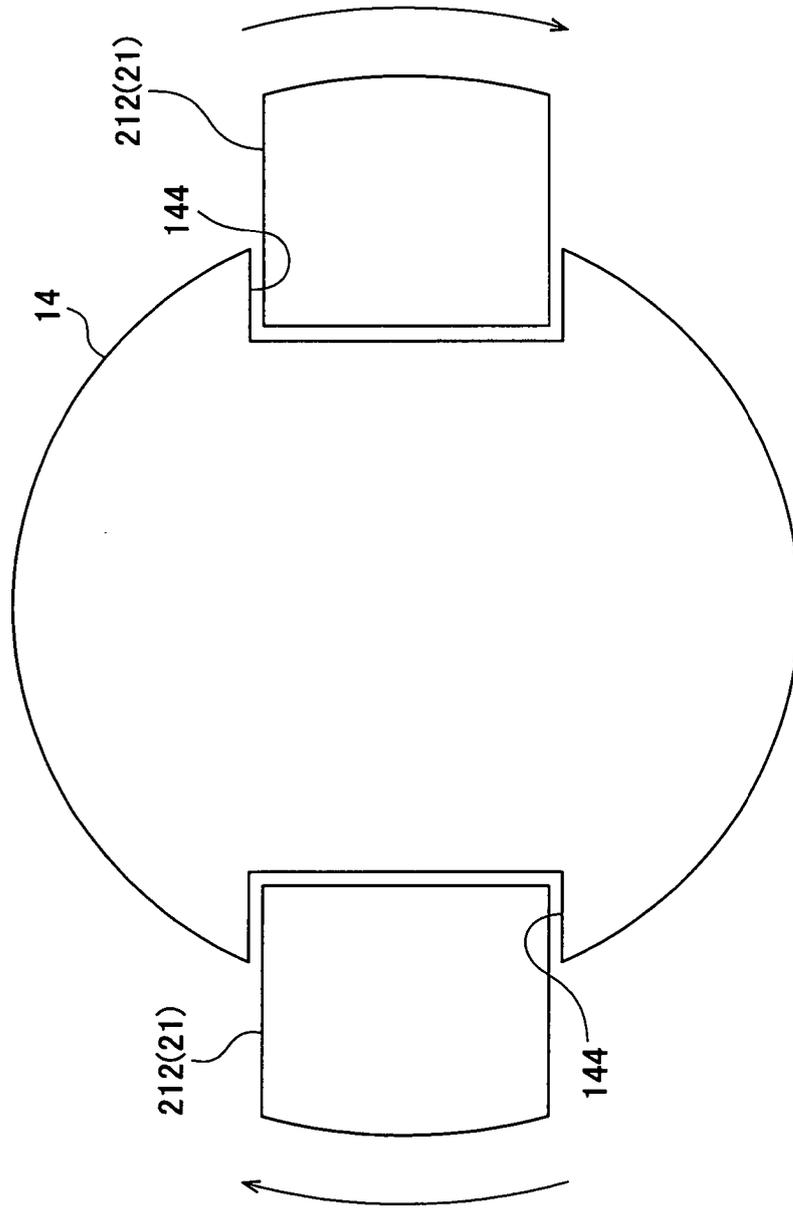


FIG. 9B

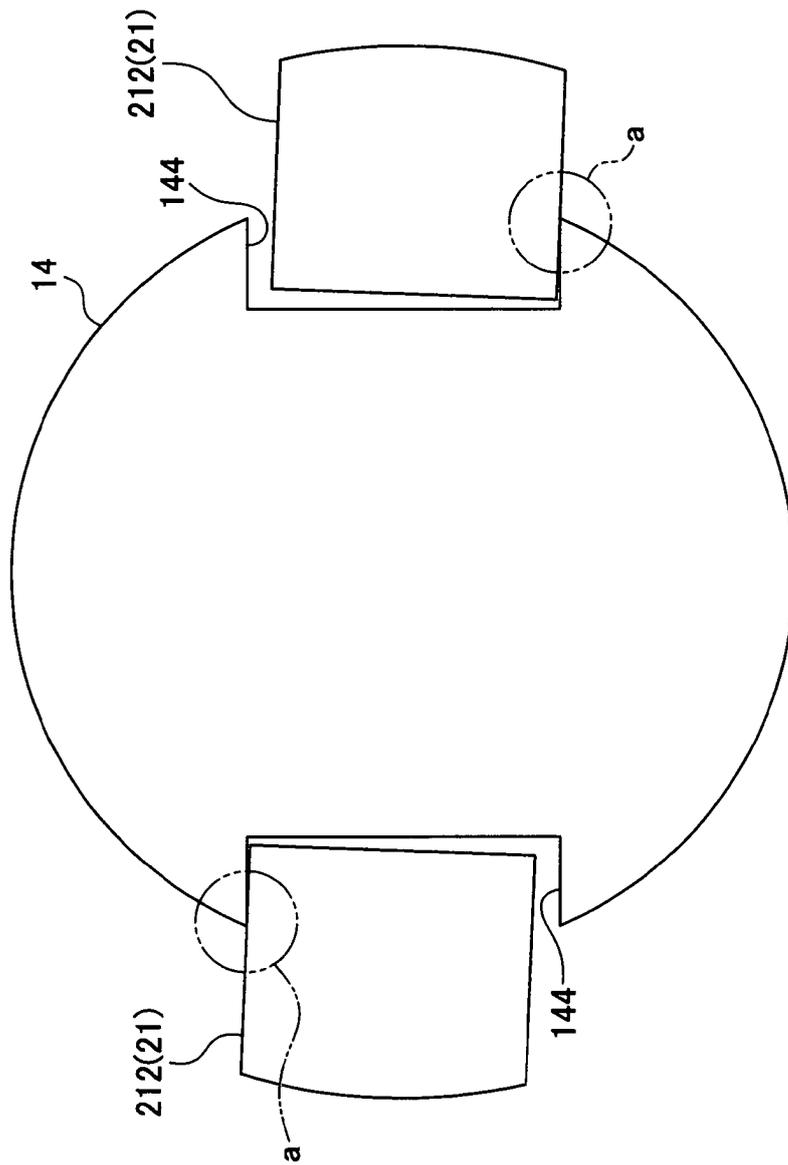


FIG. 9C

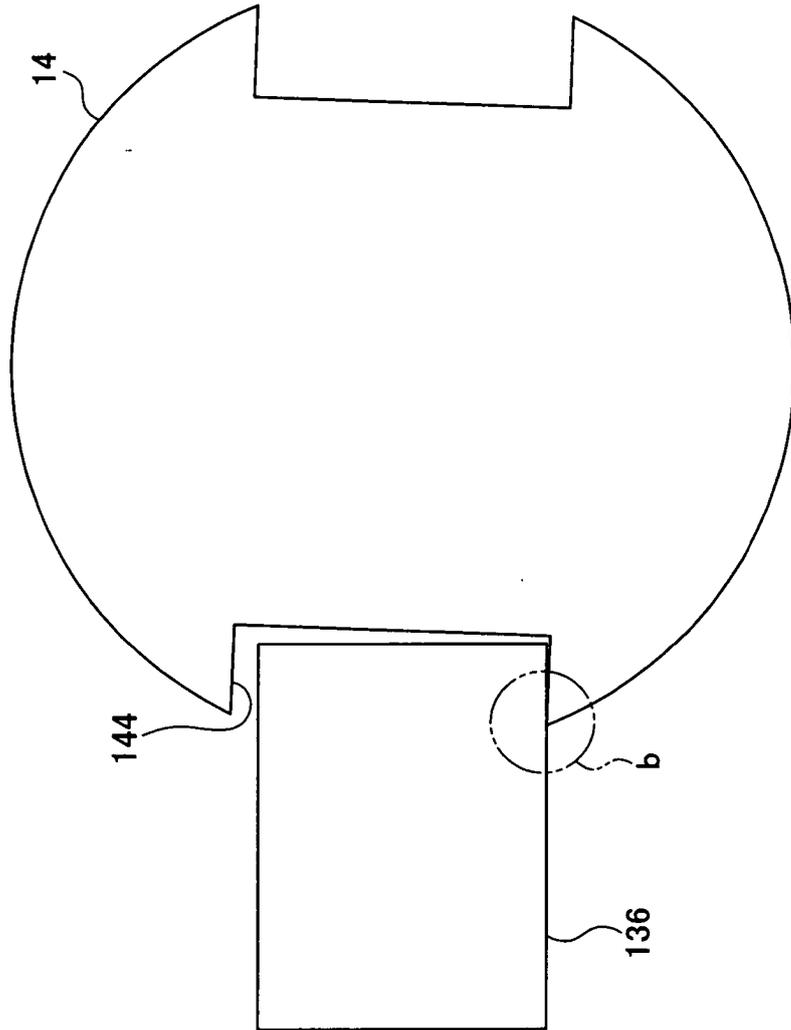


FIG. 10

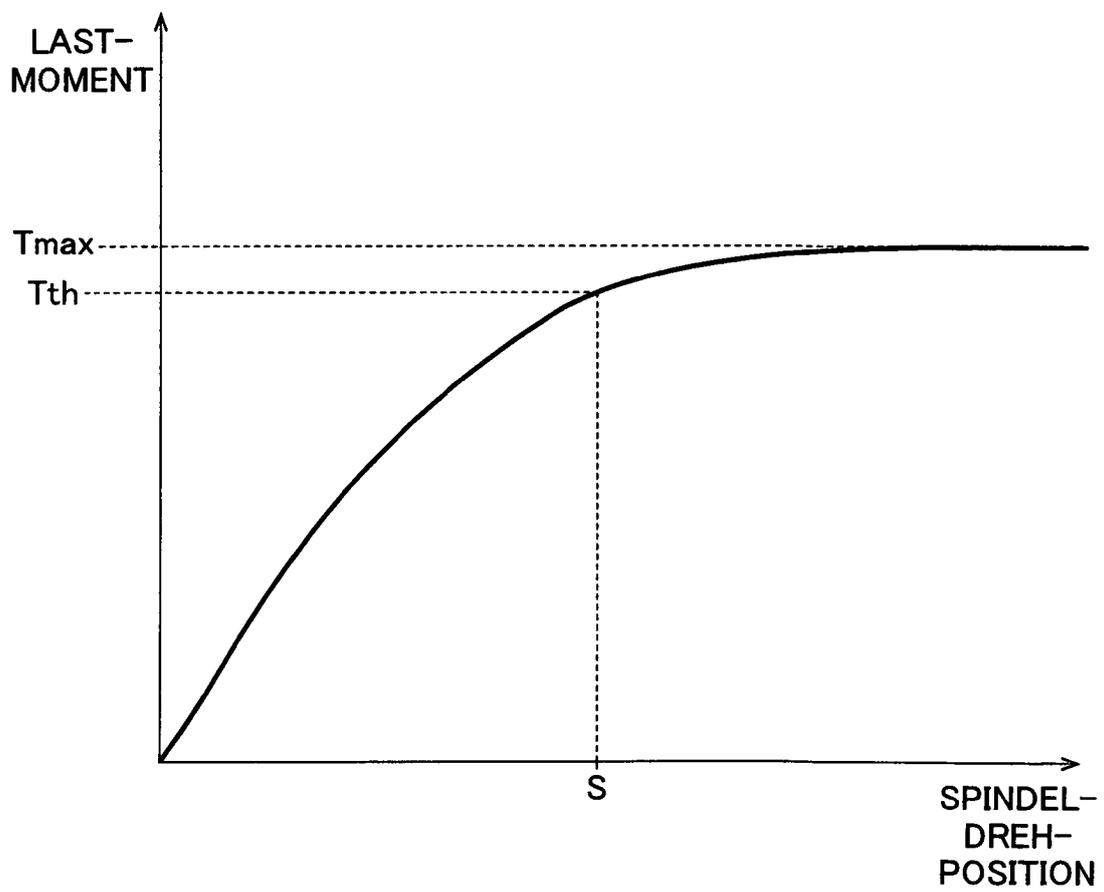


FIG. 11

