



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 002 957.4**  
 (22) Anmeldetag: **11.04.2018**  
 (43) Offenlegungstag: **18.10.2018**

(51) Int Cl.: **B23Q 15/013 (2006.01)**  
**B23Q 11/00 (2006.01)**  
**G05B 19/404 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**2017-081994**      **18.04.2017**      **JP**

(74) Vertreter:  
**Wuesthoff & Wuesthoff, Patentanwälte PartG  
 mbB, 81541 München, DE**

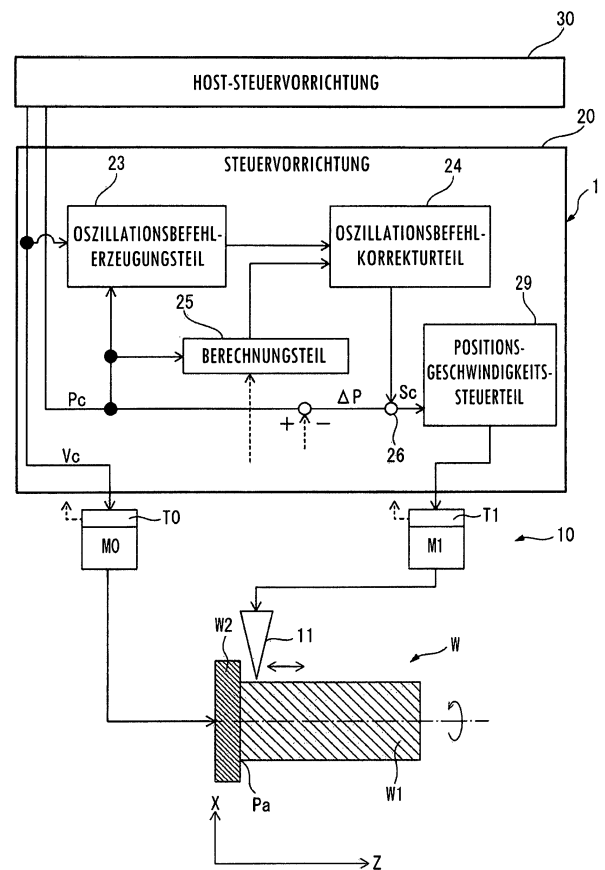
(71) Anmelder:  
**FANUC CORPORATION, Oshino-mura,  
 Yamanashi, JP**

(72) Erfinder:  
**Tanaka, Shunpei, Oshino-mura, Yamanashi, JP;  
 Yamamoto, Kenta, Oshino-mura, Yamanashi, JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **STEUERVORRICHTUNG FÜR EINE OSZILLATIONSSCHNEIDEN DURCHFÜHRENDE WERKZEUGMASCHINE**

(57) Zusammenfassung: Eine Steuervorrichtung einer Werkzeugmaschine umfasst einen Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil, der einen Oszillationsbefehl für wenigstens eine Vorschubachse auf der Basis einer Drehzahl einer Spindel und eines Positionsbefehls der wenigstens einen Vorschubachse erzeugt, so dass der Oszillationsbefehl zu einem positiven nicht-ganzzahligen Vielfachen der Drehzahl wird und ein Werkzeug periodisch ein Werkstück schneidet, einen Oszillationsbefehl-Korrekturteil, der den Oszillationsbefehl unter Verwendung der Position der Vorschubachse korrigiert, und einen Addierteil, der den vom Oszillationsbefehl-Korrekturteil korrigierten Oszillationsbefehl zur Positionsabweichung zwischen dem Positionsbefehl und der erfassten Position der Vorschubachse addiert.



**Beschreibung**

Hintergrund der Erfindung

Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Steuervorrichtung für eine Werkzeugmaschine, die Oszillations-schneiden durchführt.

Beschreibung des Stands der Technik

**[0002]** Wenn während der Bearbeitung eines Werkstücks mit dem Schneidwerkzeug einer Werkzeugmaschine kontinuierlich Späne erzeugt werden, können sich die Späne im Schneidwerkzeug verfangen. Der Stand der Technik kennt ein Verfahren zum Oszillieren des Werkzeugs, um das Werkzeug periodisch zu schneiden (siehe beispielsweise das japanische Patent Nr. 5033929 oder das japanische Patent Nr. 5139592).

Zusammenfassung der Erfindung

**[0003]** Das japanische Patent Nr. 5033929 und das japanische Patent Nr. 5139592 ziehen aber nicht das periodische Schneiden an einer vorgegebenen Bearbeitungsstartposition und in deren Nähe in Betracht. Daher tritt dann, wenn das Schneidwerkzeug an der Bearbeitungsstartposition und in deren Nähe in Oszillation versetzt wird, das Problem auf, dass sich das Schneidwerkzeug von der Bearbeitungsstartposition in der Richtung entgegengesetzt zur Vorschubrichtung des Schneidwerkzeugs bewegt. Somit besteht je nach Form des Werkstücks eine Möglichkeit, dass ein Schnitt im Werkstück in der Nähe der Bearbeitungsstartposition erfolgt.

**[0004]** Daher ist eine Steuervorrichtung für eine Werkzeugmaschine wünschenswert, die verhindern kann, dass sich das Werkzeug in der Richtung entgegengesetzt zur Werkzeugvorschubrichtung über die Bearbeitungsstartposition hinaus bewegt.

**[0005]** Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Offenbarung wird eine Steuervorrichtung einer Werkzeugmaschine zum Schneiden einer äußeren Umfangsfläche oder einer inneren Umfangsfläche eines Werkstücks mit einem Werkzeug bereitgestellt, wobei die Steuervorrichtung eine Spindel zum Durchführen einer relativen Drehung zwischen dem Werkstück und dem Werkzeug um eine Drehachse des Werkstücks, wenigstens eine Vorschubachse zum Durchführen eines relativen Vorschubs zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück entlang einer Erzeugenden der äußeren Umfangsfläche oder der inneren Umfangsfläche des Werkstücks, einen Positionserfassungsteil zum Erfassen einer Position der Vorschubachse, einen Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil, der einen Oszillationsbefehl für die wenigstens eine Vorschubachse auf der Basis einer Drehzahl der Spindel und eines Positionsbefehls für die wenigstens eine Vorschubachse erzeugt, so dass der Oszillationsbefehl zu einem positiven nicht-ganzzahligen Vielfachen der Drehzahl wird und so dass das Werkzeug periodisch das Werkstück schneidet, einen Oszillationsbefehl-Korrekturteil zum Korrigieren des vom Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil erzeugten Oszillationsbefehls unter Verwendung der vom Positionserfassungsteil erfassten Position der wenigstens einen Vorschubachse, und einen Addierteil zum Addieren des Oszillationsbefehls, der vom Oszillationsbefehl-Korrekturteil korrigiert wurde, zu einer Positionsabweichung, die ein Unterschied zwischen dem Positionsbefehl und der vom Positionserfassungsteil erfassten Position der wenigstens einen Vorschubachse ist, umfasst.

**[0006]** Im ersten Aspekt kann, da der Oszillationsbefehl unter Verwendung der Istposition der Vorschubachse korrigiert wird, verhindert werden, dass sich das Werkzeug in der Richtung entgegengesetzt zur Werkzeugvorschubrichtung über die Bearbeitungsstartposition hinaus bewegt. Somit können Schnitte im Werkstück vermieden werden.

**[0007]** Die Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung sowie weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile gehen aus der ausführlichen Beschreibung der in den beigefügten Zeichnungen dargestellten beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung genauer hervor.

Figurenliste

**Fig. 1** zeigt eine Ansicht zur Darstellung eines Systems umfassend eine Steuervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform.

**Fig. 2A** zeigt eine Querschnittsansicht eines ersten Werkstücks.

**Fig. 2B** zeigt eine Querschnittsansicht eines zweiten Werkstücks.

**Fig. 2C** zeigt eine Querschnittsansicht eines dritten Werkstücks.

**Fig. 2D** zeigt eine Querschnittsansicht eines vierten Werkstücks.

**Fig. 3** zeigt ein Fließbild zur Darstellung des Betriebs einer Steuervorrichtung gemäß einer repräsentativen Ausführungsform.

**Fig. 4** zeigt eine Ansicht zur Darstellung eines Systems umfassend eine Steuervorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform.

**Fig. 5** zeigt eine Ansicht zur Darstellung der Beziehung zwischen Vorschubmenge und Drehwinkel.

**Fig. 6A** zeigt eine Ansicht zur Darstellung der Beziehung zwischen Zeit und der Position des Werkzeugs nach dem Stand der Technik.

**Fig. 6B** zeigt eine Ansicht zur Darstellung der Beziehung zwischen Zeit und der Position des Werkzeugs in der ersten Ausführungsform.

**Fig. 7** zeigt ein Fließbild zur Darstellung des Betriebs einer Steuervorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform.

**Fig. 8** zeigt ein Fließbild zur Darstellung des Betriebs einer Steuervorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform.

#### Ausführliche Beschreibung

**[0008]** Nachfolgend sind Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung in Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. In den folgenden Zeichnungen sind die gleichen Komponenten mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Zur Übersichtlichkeit wurde der Maßstab der Zeichnungen angepasst. Ferner sind die in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsformen lediglich Beispiele für das Ausführen der vorliegenden Erfindung und die vorliegende Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsformen beschränkt.

**[0009]** **Fig. 1** zeigt eine Zeichnung eines Systems umfassend eine Steuervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform. Wie in **Fig. 1** dargestellt umfasst das System **1** eine Werkzeugmaschine **10**, eine Steuervorrichtung **20** zum Steuern der Werkzeugmaschine **10** und eine mit der Steuervorrichtung **20** verbundene Host-Steuervorrichtung **30**. Die Werkzeugmaschine **10** umfasst ein Werkzeug **11** und das Werkzeug **11** schneidet die äußere Umfangsfläche oder die innere Umfangsfläche eines Werkstücks **W**, das wenigstens teilweise um die Drehachse **O** rotationssymmetrisch ist. Ferner ist in **Fig. 1** usw. die Drehachse des Werkstücks als Z-Achse bezeichnet und die Achse senkrecht zur Z-Achse ist als X-Achse bezeichnet.

**[0010]** Die Spindel **M0** der Werkzeugmaschine **10** dreht das Werkstück **W** um seine Drehachse **O**. Ferner bewegt die Vorschubachse **M1** der Werkzeugmaschine **10** das Werkzeug **11** entlang der Erzeugenden des Werkstücks **W**. Wie nachfolgend beschrieben können zwei oder mehr Vorschubachsen **M1** und **M2** das Werkzeug **11** entlang der Erzeugenden des Werkstücks **W** bewegen. Die Vorschubachse **M1** und **M2** umfassen Vorschubmechanismen für das Werkzeug **11** und Servomotoren zum Antreiben der Vorschubmechanismen.

**[0011]** Die Vorschubachsen **M1** und **M2** umfassen vorzugsweise Servomotoren. Die Vorschubachsen **M1** und **M2** wirken mit der Spindel **M0** zum Vorschub des Werkzeugs **11** und Schneiden des Werkstücks **W** zusammen. Obwohl das erforderliche Drehmoment für die Spindel **M0** und die Vorschubachsen **M1** und **M2** unter Ausschluss der Schneidlast aus der Trägheit und der Winkelbeschleunigung des Befehls geschätzt werden kann, können Positionserfassungsteile **T0**, **T1** und **T2** zum Erfassen der Positionen und Drehmomente der Spindel **M0** und der Vorschubachsen **M1** und **M2** vorhanden sein. Die Positionserfassungsteile **T0**, **T1** und **T2** können Geber sein.

**[0012]** Die Host-Steuervorrichtung **30** kann beispielsweise eine SPS (speicherprogrammierbare Steuerung) sein. Die Host-Steuervorrichtung **30** umfasst die Bearbeitungsbedingungen des Werkstücks **W**, beispielsweise den Drehgeschwindigkeitsbefehl **Vc** der Spindel **M0**, die das Werkstück **W** dreht, und Positionsbefehle **Pc** der Vorschubachse **M1** und **M2**, die den Vorschub des Werkzeugs **11** bewirken. Da der Positionsbefehl **Pc** der Positionsbefehl pro Zeiteinheit ist, kann der Positionsbefehl **Pc** als eine Art von Geschwindigkeitsbefehl betrachtet werden.

**[0013]** Die Steuervorrichtung **20** ist ein digitaler Computer umfassend eine CPU. Die Steuervorrichtung **20** umfasst einen Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil **23**, der einen Oszillationsbefehl für wenigstens eine Vorschub-

achse M1 oder M2 auf der Basis der Drehzahl  $V_c$  der Spindel M0 und des Positionsbefehls  $P_c$  der wenigstens einen Vorschubachse M1 oder M2 erzeugt, so dass der Oszillationsbefehl zu einem positiven nicht-ganzzahligen Vielfachen der Drehzahl wird und das Werkzeug **11** periodisch das Werkstück W schneidet. Der Oszillationsbefehl umfasst die Oszillationsfrequenz und die Oszillationsamplitude.

**[0014]** Periodisches Schneiden bedeutet, dass das Werkzeug **11** das Werkstück W schneidet, während periodisch ein Kontakt mit dem Werkstück W und ein Trennen von diesem erfolgt, was ebenfalls als Oszillationschneiden oder Schwingungsschneiden bezeichnet wird. Ferner dreht sich das Werkstück W in **Fig. 1** und das Werkzeug **11** oszilliert in Bezug auf das Werkstück W. Es kann aber auch eine Konfiguration verwendet werden, in der sich das Werkzeug **11** dreht und das Werkstück W in Bezug auf das Werkzeug **11** oszilliert.

**[0015]** Ferner umfasst die Steuervorrichtung **20** einen Oszillationsbefehl-Korrekturteil **24** zum Korrigieren des vom Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil **23** erzeugten Erzeugungsbefehls unter Verwendung der von den Positionserfassungsteilen T1 und T2 erfassten Positionen der Vorschubachsen M1 und M2 und einen Addierteil **26** zum Addieren des Oszillationsbefehls, der vom Oszillationsbefehl-Korrekturteil **23** korrigiert wurde, zur Positionsabweichung  $\Delta P$  zwischen dem Positionsbefehl  $P_c$  und den erfassten Positionen  $P_d$  der Vorschubachsen M1 und M2, die von den Positionserfassungsteilen T1 und T2 erfasst wurden, um einen resultierenden Befehl  $S_c$  zu erzeugen. Ferner umfasst die Steuervorrichtung **20** einen Positionsgeschwindigkeits-Steuerenteil **29**, der einen Geschwindigkeitsbefehl und einen Drehmomentbefehl für die Vorschubachsen M1 und M2 auf der Basis des resultierenden Befehls  $S_c$  erzeugt und den Geschwindigkeitsbefehl und Drehmomentbefehl an die Vorschubachsen M1 und M2 ausgibt, und einen Berechnungsteil **25**, der den Abstand zur aktuellen Position des Werkzeugs **11** von der Bearbeitungsstartposition  $P_a$  des Werkstücks W oder der Bearbeitungsänderungsposition auf der Basis der Position von wenigstens einer Vorschubachse M1 oder M2 berechnet. Die CPU der Steuervorrichtung **20** kann die Funktionen des Oszillationsbefehl-Erzeugungsteils **23**, des Oszillationsbefehl-Korrekturteils **24**, des Berechnungsteils **25**, des Addierteils **26**, des Positionsgeschwindigkeits-Steuerteils **29** und eines Korrekturverhältnis-Berechnungsteils **28** wie nachfolgend beschrieben erfüllen. Die Bearbeitungsänderungsposition des Werkstücks W bedeutet die Position, an der sich der Bearbeitungsinhalt ändert, beispielsweise wenn eine Kegelbearbeitung nach einer linearen Bearbeitung durchgeführt wird.

**[0016]** **Fig. 2A** bis **Fig. 2D** zeigen Querschnittsansichten von erstem bis viertem Werkstück. Das in **Fig. 2A** dargestellte Werkstück W umfasst einen zylindrischen Abschnitt W1 und einen mit dem zylindrischen Abschnitt W1 gekoppelten Flansch W2. Ein Eckteil Q mit einem im Wesentlichen senkrechten Querschnitt ist zwischen dem zylindrischen Abschnitt W1 und dem Flansch W2 ausgebildet. Im Gegensatz hierzu ist im in **Fig. 2B** dargestellten Werkstück W der Querschnitt des Eckteils Q zwischen dem zylindrischen Teil W1 und dem Flansch W2 bogenförmig.

**[0017]** Ferner umfasst das in **Fig. 2C** dargestellte Werkstück W einen zylindrischen Abschnitt W1, einen Flansch W2 und einen zwischen dem zylindrischen Abschnitt W1 und dem Flansch W2 angeordneten verjüngten Abschnitt. Eckteile Q mit stumpfen Querschnitten sind zwischen dem zylindrischen Abschnitt W1 und dem verjüngten Abschnitt W3 und zwischen dem verjüngten Abschnitt W3 und dem Flansch W2 ausgebildet. Ferner ist das in **Fig. 2D** dargestellte Werkstück W zylindrisch und eine abgeschnittene kegelförmige Aussparung W4 ist auf einer Endfläche von dieser ausgebildet. Ein Eckteil Q mit einem stumpfen Querschnitt ist zwischen dem Boden der Aussparung W4 und der inneren Umfangsfläche ausgebildet.

**[0018]** Der zylindrische Abschnitt W1, der verjüngte Abschnitt W3 und die abgeschnittene kegelförmige Aussparung W4 der in **Fig. 2A** bis **Fig. 2D** dargestellten Werkstücke W sind um die Drehachse O rotationssymmetrisch. Die in **Fig. 2A** bis **Fig. 2D** dargestellten Werkstücke W umfassen einen Abschnitt, der um die Drehachse O rotationssymmetrisch ist. Die Eckteile Q der Werkstücke W sind radial nach innen vom radial äußersten Teil des Werkstücks W im Querschnitt entlang der Drehachse O angeordnet und diese Eckteile sind nicht durchgehend mit dem radial äußersten Teil. Das heißt das Werkstück W umfasst einen gestuften Teil im Querschnitt entlang der Drehachse O.

**[0019]** Das in **Fig. 1** dargestellte Werkzeug **11** schneidet die äußere Umfangsfläche des zylindrischen Abschnitts W1 oder in **Fig. 2A** bis **Fig. 2C** dargestellten verjüngten Abschnitts oder die innere Umfangsfläche der in **Fig. 2D** abgeschnittenen kegelförmigen Aussparung W4. Der Flansch W2 muss nicht rotationssymmetrisch sein; es kann statt dem Flansch W2 eine Projektion angeordnet sein, die sich einfach in der radialen Richtung verlängert. Ferner kann ein verjüngter Abschnitt statt dem zylindrischen Abschnitt W1 angeordnet sein.

**[0020]** **Fig. 3** zeigt ein Fließbild zur Darstellung des Betriebs der Steuervorrichtung gemäß einer repräsentativen Ausführungsform. Zum einfacheren Verständnis wird ein Fall erläutert, in dem das Werkzeug **11** die

äußere Umfangsfläche ausschließlich des zylindrischen Abschnitts W1 des Werkstücks W schneidet. Die in **Fig. 3** dargestellten Vorgänge werden in einem vorgegebenen Steuerzyklus wiederholt durchgeführt.

**[0021]** Ferner geht aus **Fig. 1** hervor, dass der Flansch W des Werkstücks W auf der Minusseite der Z-Achse angeordnet ist. Die Bearbeitungsstartposition Pa ist der Abschnitt zwischen dem Flansch W2 und dem zylindrischen Abschnitt W1. Streng genommen entspricht die Bearbeitungsstartposition Pa der Koordinate der Endfläche des Flanschs W2 auf der Seite des zylindrischen Abschnitts W1 auf der Z-Achse.

**[0022]** Zunächst ermittelt der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil **23** in Schritt S11 den Positionsbefehl Pc von der Host-Steuervorrichtung **30**. Anschließend wird in Schritt S12 die Istdrehzahl Vd der Spindel aus der Mehrzahl von durch den Positionserfassungsteil T0 in den vorgegebenen Intervallen erfassten Positionen der Spindel M0 ermittelt.

**[0023]** Anschließend erzeugt der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil **23** in Schritt S13 einen Oszillationsbefehl für die Vorschubachse M1 auf der Basis des Positionsbefehls Pc und des Istdrehzahlbefehls Vd der Spindel. Der Oszillationsbefehl kann unter Verwendung des Drehzahlbefehls Vc statt des Istdrehzahlbefehls Vd erzeugt werden. Im in **Fig. 1** dargestellten Beispiel wird, da das Werkzeug **11** nur entlang einer linearen Linie parallel zur Drehachse O oszilliert, ein Oszillationsbefehl für ausschließlich die Vorschubachse M1 erzeugt.

**[0024]** **Fig. 4** zeigt ein weiteres System umfassend eine Steuervorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform. Im in **Fig. 4** dargestellten Beispiel ist der verjüngte Abschnitt W3 mit dem Flansch W2 gekoppelt. In solch einem Fall oszilliert das Werkzeug **11** schräg entlang der Erzeugenden des verjüngten Abschnitts W3 zum Schneiden der äußeren Umfangsfläche des verjüngten Abschnitts W3. Da sich das Werkzeug **11** in einer resultierenden Richtung der X-Richtung und der Z-Richtung bewegt, sind zum Bewegen des Werkzeugs **11** zwei Vorschubachsen M1 und M2 erforderlich. In solch einem Fall werden in Schritt S11 Oszillationsbefehle für die zwei Vorschubachsen M1 und M2 erzeugt. Eine Konfiguration, bei der das Werkzeug **11** von mehr als zwei Vorschubachsen in Vorschub versetzt wird, ist im Umfang der vorliegenden Erfindung enthalten. Ferner wird in solch einem Fall angenommen, dass die in **Fig. 4** dargestellte Konfiguration für jede der Vorschubachsen vorhanden ist.

**[0025]** Nachfolgend ist ein Fall erläutert, in dem das in **Fig. 1** dargestellte Werkzeug **11** die äußere Umfangsfläche ausschließlich des zylindrischen Abschnitts W1 des Werkstücks W schneidet. Die folgende Erläuterung gilt aber im Wesentlichen für die in **Fig. 2A** bis **Fig. 2D** und **Fig. 4** dargestellten Fälle.

**[0026]** **Fig. 5** zeigt die Beziehung zwischen Vorschubmenge und Drehwinkel. In **Fig. 5** stellt die horizontale Achse den Drehwinkel des Werkstücks W dar und die vertikale Achse stellt die Vorschubmenge des Werkzeugs **11** in der Mittelachsenrichtung des Werkstücks W (das heißt der Z-Achsen-Richtung) dar. **Fig. 5** zeigt eine Mehrzahl von linearen gestrichelten Linien C1, C2, C3..., die sich in der schrägen Richtung erstrecken. Aus **Fig. 5** geht hervor, dass die vertikale Achsenkoordinate des Schnittpunkts zwischen der gestrichelten Linie C1 und der vertikalen Achse der vertikalen Achsenkoordinate des Startpunkts der nächsten gestrichelten Linie C2 entspricht. Ebenso entspricht die vertikale Achsenkoordinate des Schnittpunkts zwischen der gestrichelten Linie C2 und der vertikalen Achse der vertikalen Achsenkoordinate des Startpunkts der nächsten gestrichelten Linie C3. Die Mehrzahl von linearen gestrichelten Linien C1, C2, C3... gibt die Bahn des Werkzeugs **11** auf dem Werkstück W bei Fehlen eines Oszillationsbefehls an. Die in **Fig. 5** dargestellten Kurven A1, A2, A3... geben die Bahn des Werkzeugs **11** auf dem Werkstück W bei Vorhandensein des Oszillationsbefehls an. Das heißt die gestrichelten Linien C1, C2, C3 usw. geben ausschließlich die Positionsbefehle an, bevor die Oszillationsbefehle addiert werden (ursprüngliche Befehlswerte), und die Kurven A1, A2, A3 usw. zeigen die Positionsbefehle, nachdem die Oszillationsbefehle addiert wurden (resultierende Befehle). Daher geben die Kurven A1, A2 und A3 durch Addieren von kosinuswellenartigen Oszillationsbefehlen zu den entsprechenden Positionsbefehlen, dargestellt durch die gestrichelten Linien C1, C2 und C3, erzeugte Befehle an.

**[0027]** Ferner ist die Kurve A1 die Bahn des Werkzeugs **11** in der ersten Drehung des Werkstücks W, die Kurve A2 ist die Bahn des Werkzeugs **11** in der zweiten Drehung des Werkstücks W und die Kurve A3 ist die Bahn des Werkzeugs **11** in der dritten Drehung des Werkstücks W. Zur Vereinfachung sind die Bahnen des Werkzeugs **11** nach der vierten Drehung des Werkstücks W nicht dargestellt.

**[0028]** In Schritt S13 von **Fig. 3** erzeugt der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil **23** im Steuerteil **20** (siehe **Fig. 6**) einen Oszillationsbefehl wie folgt. In der Host-Steuervorrichtung **30** wird der Positionsbefehl (gestrichelte Linien C1, C2 und C3) der Vorschubachse M1 ermittelt. Der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil **23** ermittelt die Oszillationsfrequenz des kosinuswellenartigen Oszillationsbefehls zum Erzeugen von Befehlen wie die Kurven

A1, A2 und A3 mit den gestrichelten Linien C1, C2, und C3 als Bezugsachsen. Der vom Ausdruck  $S / 60 \times I$  der Formel (1), der nachfolgend beschrieben ist, erzeugte Wert ist die Oszillationsfrequenz.

**[0029]** Beim Ermitteln der zuvor beschriebenen Oszillationsfrequenz wie in **Fig. 5** dargestellt weicht die Ausgangsphase der kosinuswellenartigen Kurve A2 unter Verwendung einer bestimmten gestrichelten Linie, beispielsweise der gestrichelten Linie C2, als eine Bezugsachse um einen halben Zyklus von der kosinuswellenartigen Kurve A1 unter Verwendung der vorhergehenden gestrichelten Linie, beispielsweise der gestrichelten Linie C1, als Bezugsachse ab. Der Grund hierfür ist, dass, wenn die Periode um einen halben Zyklus abweicht, die Oszillationsamplitude des Oszillationsbefehls minimiert werden kann und als ein Ergebnis Späne am wirksamsten zerkleinert werden können.

**[0030]** Anschließend ermittelt der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil **23** die Oszillationsamplitude des Oszillationsbefehls zum Erzeugen von Befehlen wie die Kurven A1, A2 und A3 unter Verwendung der gestrichelten Linien C1, C2, und C3 als Bezugsachsen. Der vom Ausdruck  $K \times F / 2$  in Formel (1), der nachfolgend beschrieben ist, erzeugte Wert ist die Oszillationsamplitude. Kurve A1 und Kurve A2 wie in **Fig. 5** dargestellt überlappen im Abschnitt B1, in dem der Drehwinkel etwa 0 Grad beträgt, und Abschnitt B2, in dem der Drehwinkel etwa 240 Grad beträgt. Wie aus **Fig. 5** ersichtlich sind die Maximalwerte der Kurve A1 in Bezug auf die gestrichelte Linie C1 größer als die Minimalwerte der Kurve A2 in Bezug auf die gestrichelte Linie C2 in den Abschnitten B1 und B2. Das heißt der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil **23** ermittelt vorzugsweise die Oszillationsamplitude, so dass die vorhergehende Kurve A1 und die nachfolgende Kurve A2 teilweise überlappen. In den Kurven A1, A2 und A3 ist, da die Vorschubgeschwindigkeit konstant ist, die Oszillationsamplitude von jedem Oszillationsbefehl ebenfalls gleich.

**[0031]** In den Überlappungsabschnitten B1 und B2 wird, da sich das Werkzeug **11** vom Werkstück *W* trennt, wenn das Werkzeug **11** mit der Bahn von Kurve A2 bearbeitet, das Werkstück *W* nicht bearbeitet. In der vorliegenden Ausführungsform kann, da solche Überlappungsabschnitte periodisch erzeugt werden, ein sogenanntes periodisches Schneiden erfolgen. Im in **Fig. 5** dargestellten Beispiel werden in jedem der Abschnitte B1 und B2 durch den Betrieb entsprechend der Kurve A2 Späne erzeugt. Insbesondere werden in der zweiten Drehungskurve A2 zweimal Späne erzeugt. Da solch ein periodisches Schneiden periodisch erfolgt, wird ein Schwingungsschneiden möglich.

**[0032]** Ferner weist die in Bezug auf die gestrichelte Linie C3 die gleiche Form auf wie die Kurve A1. Die Kurve A2 und die Kurve A3 überlappen im Abschnitt B3 mit einem Drehwinkel von etwa 120 Grad und im Abschnitt B4 mit einem Drehwinkel von etwa 360 Grad. In jedem der Abschnitte B3 und B4 werden durch den Betrieb entsprechend der Kurve A3 Späne erzeugt. Insbesondere werden Späne in der dritten Drehungskurve A3 zweimal erzeugt. Anschließend werden Späne zweimal für jede Drehung des Werkstücks erzeugt. Es werden aber keine Späne in der ersten Drehung erzeugt.

**[0033]** Durch Einstellen der Oszillationsfrequenz und der Oszillationsamplitude auf diese Weise erzeugt der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil **23** den Oszillationsbefehl (Schritt S13). Beispielsweise ist der Oszillationsbefehl durch die folgende Formel dargestellt.

$$\text{Oszillationsbefehl} = (K \times F / 2) \times \cos(2\pi \times S / 60 \times I \times t) - (K \times F / 2) \quad \text{Formel (1)}$$

**[0034]** In der Formel (1) ist *K* die Oszillationsamplitudenvergrößerung, *F* ist die Bewegungsmenge des Werkzeugs **11** pro Drehung des Werkstücks *W*, das heißt die Vorschubmenge pro Drehung [mm/U], und entspricht dem Positionsbefehl *Pd*, *S* ist die Istdrehzahl [ $\text{min}^{-1}$ ] oder [U/min] um die Mittelachse des Werkstücks *W* und *I* ist die Oszillationsfrequenzvergrößerung. Die Oszillationsfrequenz entspricht dem Ausdruck  $S / 60 \times I$  in Formel (1) und die Oszillationsamplitude entspricht dem Ausdruck  $K \times F / 2$  in Formel (1). Die Oszillationsamplitudenvergrößerung *K* ist eine Ganzzahl von 1 oder mehr und die Oszillationsfrequenzvergrößerung *I* ist eine Nicht-Ganzzahl größer als Null (beispielsweise eine positive Nicht-Ganzzahl wie 0,5, 0,8, 1,2, 1,5, 1,9, 2,3 oder 2, 5, ..., usw.). Die Oszillationsamplitudenvergrößerung *K* und die Oszillationsfrequenzvergrößerung *I* sind konstant (im Beispiel von **Fig. 5** ist *I* gleich 1,5).

**[0035]** Der Grund dafür, dass die Oszillationsfrequenzvergrößerung *I* nicht eine Ganzzahl ist, besteht darin, dass im Falle einer Oszillationsfrequenz, die genau der Drehzahl des Werkstücks *W* um die Mittelachse entspricht, die überlappenden Abschnitte B1, B2, B3, B4 u. Ä. wie zuvor beschrieben nicht erzeugt werden können und keine Wirkung des Zerkleinerns der Späne durch Oszillationsschneiden erzielt werden kann.

**[0036]** Ferner ist gemäß der Formel (1) der Oszillationsbefehl ein Befehl, in dem der Ausdruck  $(K \times F / 2)$  als ein Versatzwert von den Kosinuswellen unter Verwendung der gestrichelten Linien C1, C2 und C3 als Bezugsachsen zur Angabe des Positionsbefehls subtrahiert wird. Somit kann die Positionsbahn des Werkzeugs **11** auf der Basis des durch Addieren des Oszillationsbefehls zum Positionsbefehl erzeugten Befehls werts mit der Position durch den Positionsbefehl als obere Grenze in der Bearbeitungsvorschubrichtung des Werkzeugs **11** gesteuert werden. Daher sind die Kurven A1, A2, A3 usw. in **Fig. 5** so gestaltet, dass die gestrichelten Linien C1, C2, C3 usw. nicht in der positiven Z-Achsen-Richtung (das heißt der Bearbeitungsvorschubrichtung des Werkzeugs **11**) überschritten werden.

**[0037]** Ferner werden unter Verwendung eines Oszillationsbefehls wie durch Formel (1) dargestellt große Oszillationsbefehle vom Start in der Vorschubrichtung des Werkzeugs **11** am Bearbeitungsstartpunkt (0 Grad in der horizontalen Achse) des Werkzeugs **11** nicht ausgegeben, wie aus der Kurve A1 in **Fig. 5** ersichtlich ist. Der beim Definieren der Oszillationsfrequenz und Oszillationsamplitude angepasste Ausgangswert von jedem Parameter (K und I in Formel (1)) wird in der Host-Steuervorrichtung **30** gespeichert. Die Drehzahl V des Werkstücks W wird vorab als eine Bearbeitungsbedingung in der Host-Steuervorrichtung **30** gespeichert. Die Vorschubmenge pro Drehung F wird aus der Drehzahl V und dem Positionsbefehl erzeugt.

**[0038]** Aus **Fig. 3** geht hervor, dass in Schritt S14 der Berechnungsteil **25** die vom Positionserfassungsteil T1 erfasste Position der Vorschubachse M1 ermittelt. Der Berechnungsteil **25** verwendet die Position der Vorschubachse **1** zum Berechnen der Istkoordinatenposition des Werkzeugs **11** aus der Bearbeitungsstartposition Pa. Das heißt die Istkoordinatenposition des Werkzeugs **11** ist der Abstand von der Bearbeitungsstartposition Pa zur aktuellen Position des Werkzeugs **11**.

**[0039]** In Schritt S15 wird ermittelt, ob die Oszillationsamplitude größer als der vom Berechnungsteil **25** berechnete Abstand ist oder nicht. Wenn die Oszillationsamplitude nicht größer ist als der berechnete Abstand, wird weiter der Oszillationsbefehl mit solch einer Oszillationsamplitude verwendet. Wenn hingegen die Oszillationsamplitude größer als der Abstand ist, während das Werkzeug **11** in Oszillation versetzt wird, bewegt sich das Werkzeug **11** in der Richtung entgegengesetzt zur Vorschubrichtung, wodurch es in die Minusseite über die Bearbeitungsstartposition Pa hinaus bewegt wird. Somit fährt der Prozess mit Schritt S16 fort, wenn die Oszillationsamplitude größer ist als der Abstand, und der Oszillationsbefehl-Korrekturteil **24** korrigiert den Oszillationsbefehl auf der Basis der erfassten Position der Vorschubachse M1.

**[0040]** Der Oszillationsbefehl-Korrekturteil **24** korrigiert den Oszillationsbefehl, so dass sich das Werkzeug **11** nicht in der entgegengesetzten Richtung zur Minusseite der Bearbeitungsstartposition Pa bewegt. Beispielsweise korrigiert der Oszillationsbefehl-Korrekturteil **24** den Oszillationsbefehl so, dass die Oszillationsamplitude des Oszillationsbefehls kleiner ist als der Abstand. Wie in der vorhergehenden Formel (1) dargestellt ist die Oszillationsamplitude durch den Ausdruck  $K \times F / 2$  dargestellt. Somit korrigiert in Schritt S16 der Oszillationsbefehl-Korrekturteil **24** den Oszillationsbefehl durch Auswählen einer Oszillationsamplitudenvergrößerung K', die den Ausdruck  $K' \leq Z / (K \times F / 2)$  erfüllt.

**[0041]** Der korrigierte Oszillationsbefehl wird zur Positionsabweichung  $\Delta P$  durch den Addierteil **26** von **Fig. 1** addiert, um den resultierenden Befehl Sc zu erzeugen. Anschließend erzeugt der Positionsgeschwindigkeits-Steuerteil **29** den Geschwindigkeitsbefehl und Drehmomentbefehl auf der Basis des resultierenden Befehls Sc und liefert den Geschwindigkeitsbefehl und Drehmomentbefehl an die Vorschubachse M1. Die Vorschubachse M1 wird auf der Basis solcher Befehle gesteuert.

**[0042]** **Fig. 6A** und **Fig. 6B** zeigen die Beziehung zwischen Zeit und der Position des Werkzeugs jeweils nach dem Stand der Technik und gemäß der ersten Ausführungsform. In diesen Zeichnungen stellt die horizontale Achse die Zeit (s) dar und die vertikale Achse stellt die Position (mm) des Werkzeugs oder der Vorschubachse M1 dar. Die vertikale Achse entspricht der in **Fig. 1** und **Fig. 4** dargestellten Z-Richtung.

**[0043]** Ferner stellt die gestrichelte Linie den Positionsbefehl Pc dar und die sinusförmige durchgezogene Kurve stellt den resultierenden Befehl Sc dar. Die durchgezogene Kurve, die den in **Fig. 6A** dargestellten resultierenden Befehl Sc darstellt, ist aber keiner Korrekturverarbeitung durch den Oszillationsbefehl-Korrekturteil **24** unterzogen worden. Ferner stellt die sinusförmige gestrichelte Kurve die erfasste Position Pd dar. Der Stand der Technik unterscheidet sich in erster Linie von der zuvor beschriebenen Ausführungsform darin, dass der Oszillationsbefehl-Korrekturteil **24** im Stand der Technik nicht verwendet wird. In diesen Zeichnungen ist die gerade Linie zur Angabe der Bearbeitungsstartposition PA an der 0-mm-Abschnittsposition dargestellt.

**[0044]** Im Stand der Technik wie in **Fig. 6A** dargestellt ist die die erfasste Position Pd darstellende Kurve lokal kleiner als die Bearbeitungsstartposition Pa. In solch einem Fall wird, da sich das Werkzeug **11** in der Richtung entgegengesetzt zur Vorschubrichtung des Werkzeugs bewegt und lokal die Bearbeitungsstartposition Pa überschreitet, ein Schnitt im mit dem zylindrischen Abschnitt W1 gekoppelten Flansch W2 gebildet.

**[0045]** In der in **Fig. 6B** dargestellten ersten Ausführungsform wird vom Oszillationsbefehl-Korrekturteil **24** eine Korrekturverarbeitung durchgeführt. Somit wird, da der Oszillationsbefehl so korrigiert, dass die Oszillationsamplitude nicht den vom Berechnungsteil **25** berechneten Abstand überschreitet, die die erfasste Position Pd darstellende Kurve nicht kleiner als die Bearbeitungsstartposition Pa. Daher kann verhindert werden, dass sich das Werkzeug **11** in der Richtung entgegengesetzt zur Vorschubrichtung des Werkzeugs **11** über die Bearbeitungsstartposition Pa hinaus bewegt. Somit kann das Auftreten eines Schnitts im Flansch W2 des Werkstücks W verhindert werden.

**[0046]** Wie zuvor beschrieben sind im in **Fig. 4** dargestellten Beispiel zwei Vorschubachsen M1 und M2 erforderlich, um das Werkzeug **11** schräg entlang der Erzeugenden des Kegelabschnitts W3 in Oszillation zu versetzen. Der in **Fig. 4** dargestellte Oszillationsbefehl-Korrekturteil **24** umfasst einen Korrekturverhältnis-Berechnungsteil **28**, der ein Korrekturverhältnis zwischen der Oszillationsamplitude vor dem Korrigieren durch den Oszillationsbefehl-Korrekturteil **24** und der Oszillationsamplitude nach der Korrektur berechnet.

**[0047]** **Fig. 7** zeigt ein Fließbild zur Darstellung des Betriebs einer Steuervorrichtung gemäß der in **Fig. 4** dargestellten Ausführungsform. Die Schritte S11 bis S16 von **Fig. 7** sind im Wesentlichen die gleichen wie die zuvor beschrieben; daher wird auf eine Beschreibung von diesen verzichtet.

**[0048]** In diesem Fall werden die Prozesse der Schritte S11 bis S13 für eine einzelne Vorschubachse M1 durchgeführt. In Schritt S13 wird ermittelt, ob ein Oszillationsbefehl für alle Vorschubachsen erzeugt wurde oder nicht. Das heißt die Prozesse der Schritte S11 bis S13 werden wiederholt, bis Oszillationsbefehle für alle Vorschubachsen erzeugt wurden.

**[0049]** In Schritt S17 berechnet der Korrekturverhältnis-Berechnungsteil **28** das Verhältnis der Oszillationsamplitude nach der Korrektur zur Oszillationsamplitude vor der Korrektur für die einzelne Vorschubachse M1, das heißt das Korrekturverhältnis R1 für die einzelne Vorschubachse M1. Das Korrekturverhältnis R1 für die Vorschubachse M1 wird zur anderen Vorschubachse M2 gesendet. Insbesondere wird, da die in **Fig. 4** dargestellte Konfiguration für jede der Vorschubachsen M1 und M2 bereitgestellt wird, das Korrekturverhältnis R1 für die Vorschubachse M1 an den Oszillationsbefehl-Korrekturteil **24** der anderen Vorschubachse M2 gesendet.

**[0050]** Wenn eine Mehrzahl von anderen Vorschubachsen als die Vorschubachse M1 vorhanden ist, wird das Korrekturverhältnis R1 für die Vorschubachse M1 an den Oszillationsbefehl-Korrekturteil **24** von jeder der Mehrzahl von Vorschubachsen gesendet und es wird ein Prozess wie nachfolgend beschrieben durchgeführt.

**[0051]** In Schritt S18 führt der Oszillationsbefehl-Korrekturteil **24** der Vorschubachse M2 eine Korrektur durch Multiplizieren der Oszillationsamplitude für die Vorschubachse M2 mit dem Korrekturverhältnis R1 durch. Der Addierteil **26** der Vorschubachse M2 erzeugt den resultierenden Befehl Sc durch Addieren des korrigierten Oszillationsbefehls zur Positionsabweichung  $\Delta P$ . Anschließend erzeugt der Positionsgeschwindigkeits-Steuerteil **29** der Vorschubachse M2 den Geschwindigkeitsbefehl und Drehmomentbefehl auf der Basis des resultierenden Befehls Sc und sendet den Geschwindigkeitsbefehl und den Drehmomentbefehl an die Vorschubachse M2. Die Vorschubachse M2 wird auf der Basis solcher Befehle gesteuert. Der Oszillationsbefehl-Korrekturteil **24** der Vorschubachse M1 führt ebenfalls eine Korrektur durch Multiplizieren der Oszillationsamplitude der Vorschubachse M1 mit dem Korrekturverhältnis R1 durch und somit wird die Vorschubachse M1 wie zuvor beschrieben gesteuert.

**[0052]** In diesem Fall kann, da das Korrekturverhältnis R1 für die Vorschubachse M1 auf die restliche Vorschubachse M2 angewendet wird, verhindert werden, dass sich das Werkzeug **11** in der entgegengesetzten Richtung entlang der Achse der restlichen Vorschubachse M2 bewegt. Somit kann das Bilden von Schnitten auf dem Flansch W2 des Werkstücks W verhindert werden. Ferner kann, da der Oszillationsbefehl-Korrekturteil **24** für die Vorschubachse M2 usw. das Korrekturverhältnis nicht unabhängig berechnen muss, die Last auf dem Oszillationsbefehl-Korrekturteil **24** für die Vorschubachse M2 usw. verringert werden.

**[0053]** Ferner zeigt **Fig. 8** ein weiteres Fließbild zur Darstellung des Betriebs einer Steuervorrichtung gemäß der in **Fig. 4** dargestellten Ausführungsform. Die Schritte S11 bis S16 von **Fig. 8** sind im Wesentlichen die

gleichen wie die zuvor beschrieben; daher wird auf eine Beschreibung von diesen verzichtet. Nach dem Schritt S16 wird in Schritt S16a ermittelt, ob die Prozesse für alle Vorschubachsen abgeschlossen sind oder nicht.

**[0054]** Das heißt die Prozesse von Schritt S11 bis S16 werden wiederholt, bis der zuvor beschriebene Abstand für beide Vorschubachsen M1 und M2 mit der Oszillationsamplitude verglichen wurden. Somit werden Korrekturverhältnisse R1 und R2 für beide Vorschubachsen M1 und M2 ermittelt. Wenn die Korrekturverhältnisse R1 und R2 nicht berechnet werden, wird der Prozess unter der Annahme fortgesetzt, dass die Korrekturverhältnisse R1 und R2 gleich „1“ sind.

**[0055]** In Schritt S20 wird das Mindestkorrekturverhältnis Rmin aus den Korrekturverhältnissen R1 und R2 für beide Vorschubachsen M1 und M2 ausgewählt. Wenn eine Mehrzahl von anderen Vorschubachsen als die Vorschubachse M1 vorhanden ist, werden Korrekturverhältnisse für die jeweiligen Vorschubachsen berechnet und das Mindestkorrekturverhältnis Rmin wird aus der Mehrzahl von Korrekturverhältnissen ausgewählt. Anschließend wird in Schritt S20 das Mindestkorrekturverhältnis Rmin an die Oszillationsbefehl-Korrekturteile **24** der anderen Vorschubachsen M1 und M2 gesendet. Das Mindestkorrekturverhältnis Rmin muss nicht an den Oszillationsbefehl-Korrekturteil **24** der Vorschubachse mit dem Mindestkorrekturverhältnis Rmin gesendet werden.

**[0056]** Anschließend führen in Schritt S21 die Oszillationsbefehl-Korrekturteile **24** der Vorschubachsen M1 und M2 eine Korrektur durch Multiplizieren der Oszillationsamplituden der Vorschubachsen M1 und M2 mit dem Mindestkorrekturverhältnis Rmin durch. Jeder der Addierteile **26** erzeugt einen resultierenden Befehl SC durch Addieren des korrigierten Oszillationsbefehls zur Positionsabweichung  $\Delta P$ . Anschließend erzeugen die Positionsgeschwindigkeits-Steuerteile **29** der Vorschubachsen M1 und M2 Geschwindigkeitsbefehle und Drehmomentbefehle auf der Basis der resultierenden Befehle Sc und senden die Geschwindigkeitsbefehle und Drehmomentbefehle an die Vorschubachsen M1 und M2. Die Vorschubachsen M1 und M2 werden auf der Basis dieser Befehle gesteuert.

**[0057]** Die Oszillationsamplitude, auf die das Mindestkorrekturverhältnis Rmin angewendet wurde, kann auch kleiner sein als die Oszillationsamplitude, die verhindert, dass sich das Werkzeug **11** in der Richtung entgegengesetzt zur Bearbeitungsstartposition Pa bewegt. Somit kann zuverlässig verhindert werden, dass sich das Werkzeug **11** in der Richtung entgegengesetzt zur Bearbeitungsstartposition Pa bewegt, und es kann daher die Bildung von Schnitten im Flansch W2 des Werkzeugs W zuverlässig verhindert werden.

#### Aspekte der vorliegenden Offenbarung

**[0058]** Gemäß dem ersten Aspekt wird eine Steuervorrichtung (**20**) einer Werkzeugmaschine (**10**) zum Schneiden einer äußeren Umfangsfläche oder einer inneren Umfangsfläche eines Werkstücks (W) mit einem Werkzeug (**11**) bereitgestellt, wobei die Steuervorrichtung eine Spindel (M0) zum Durchführen einer relativen Drehung zwischen dem Werkstück und dem Werkzeug um eine Drehachse des Werkstücks, wenigstens eine Vorschubachse (M1, M2) zum Durchführen eines relativen Vorschubs zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück entlang einer Erzeugenden der äußeren Umfangsfläche oder der inneren Umfangsfläche des Werkstücks aufweist, einen Positionserfassungsteil (T1, T2) zum Erfassen einer Position der Vorschubachse, einen Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil (**23**), der einen Oszillationsbefehl für die wenigstens eine Vorschubachse auf der Basis einer Drehzahl der Spindel und eines Positionsbefehls für die wenigstens eine Vorschubachse erzeugt, so dass der Oszillationsbefehl zu einem positiven nicht-ganzzahligen Vielfachen der Drehzahl wird und so dass das Werkzeug periodisch das Werkstück schneidet, einen Oszillationsbefehl-Korrekturteil (**24**) zum Korrigieren des vom Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil erzeugten Oszillationsbefehls unter Verwendung der vom Positionserfassungsteil erfassten Position der wenigstens einen Vorschubachse, und einen Addierteil (**26**) zum Addieren des Oszillationsbefehls, der vom Oszillationsbefehl-Korrekturteil korrigiert wurde, zu einer Positionsabweichung, die ein Unterschied zwischen dem Positionsbefehl und der vom Positionserfassungsteil erfassten Position der wenigstens einen Vorschubachse ist, umfasst.

**[0059]** Gemäß dem zweiten Aspekt umfasst im ersten Aspekt die Steuervorrichtung ferner einen Berechnungsteil zum Berechnen eines Abstands von einer Bearbeitungsstartposition des Werkstücks oder einer Bearbeitungsänderungsposition zu einer aktuellen Position des Werkzeugs auf der Basis der Position der wenigstens einen Vorschubachse, wobei der Oszillationsbefehl-Korrekturteil den Oszillationsbefehl so ändert, dass eine Oszillationsamplitude des Oszillationsbefehls kleiner ist als der vom Berechnungsteil berechnete Abstand.

**[0060]** Gemäß dem dritten Aspekt umfasst im ersten Aspekt oder zweiten Aspekt der Oszillationsbefehl-Korrekturteil einen Korrekturverhältnis-Berechnungsteil (**28**) zum Berechnen eines Korrekturverhältnisses zwi-

schen der Oszillationsamplitude vor der Korrektur durch den Oszillationsbefehl-Korrekturteil und der Oszillationsamplitude nach der Korrektur, und wenn die Steuervorrichtung eine Mehrzahl von Vorschubachsen umfasst, wird das vom Korrekturverhältnis-Berechnungsteil berechnete Korrekturverhältnis von einer Vorschubachse auf die restlichen Vorschubachsen angewendet.

**[0061]** Gemäß dem vierten Aspekt umfasst im ersten Aspekt oder zweiten Aspekt der Oszillationsbefehl-Korrekturteil einen Korrekturverhältnis-Berechnungsteil (**28**) zum Berechnen eines Korrekturverhältnisses zwischen der Oszillationsamplitude vor der Korrektur durch den Oszillationsbefehl-Korrekturteil und der Oszillationsamplitude nach der Korrektur, und wenn die Steuervorrichtung eine Mehrzahl von Vorschubachsen umfasst, wird ein vom Korrekturverhältnis-Berechnungsteil berechnetes Mindestkorrekturverhältnis von den Korrekturverhältnissen der Mehrzahl von Vorschubachsen auf die Mehrzahl von Vorschubachsen angewendet.

**[0062]** Gemäß dem fünften Aspekt erzeugt in einem beliebigen Aspekt vom ersten Aspekt bis vierten Aspekt der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil den Oszillationsbefehl, in dem die Oszillationsamplitude als Versatzwert in Bezug auf eine Bezugsachse einer Kosinuswelle subtrahiert wurde.

**[0063]** Gemäß dem sechsten Aspekt erzeugt in einem beliebigen Aspekt vom ersten Aspekt bis fünften Aspekt der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil eine Oszillationsfrequenz des Oszillationsbefehls, so dass das Werkstück oder das Werkzeug jedes Mal um einen halben Zyklus versetzt wird, wenn das Werkstück oder das Werkzeug eine Umdrehung auf der Basis der Drehzahl absolviert, und die Oszillationsamplitude des Oszillationsbefehls auf der Basis der Vorschubgeschwindigkeit erzeugt.

**[0064]** Gemäß dem siebten Aspekt erzeugt in einem beliebigen vom ersten Aspekt bis sechsten Aspekt der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil die Oszillationsfrequenz und die Oszillationsamplitude, so dass das Drehmoment der wenigstens einen Vorschubachse einen vorgegebenen Wert nicht überschreitet.

**[0065]** Gemäß dem achten Aspekt erzeugt in einem beliebigen vom ersten Aspekt bis siebten Aspekt der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil die Oszillationsfrequenz und die Oszillationsamplitude auf der Basis einer gewünschten Länge des vom das Werkstück bearbeitenden Werkzeug erzeugten Spans.

**[0066]** Gemäß dem neunten Aspekt ist in einem beliebigen Aspekt vom ersten Aspekt bis achten Aspekt das Werkstück wenigstens teilweise rotationssymmetrisch und es umfasst einen Eckabschnitt, der mit dem radial äußersten Abschnitt des Werkstücks auf der Seite, die sich radial weiter nach innen befindet als der radial äußerste Abschnitt in einem Querschnitt entlang der Drehachse, nicht durchgehend ist.

#### Wirkungen der Aspekte

**[0067]** Im ersten Aspekt kann, da der Oszillationsbefehl auf der Basis der Istposition der Vorschubachse korrigiert wird, verhindert werden, dass sich das Werkzeug in der Richtung entgegengesetzt zur Werkzeugvorschubrichtung über die Bearbeitungsstartposition hinaus bewegt. Somit können Schnitte im Werkstück vermieden werden.

**[0068]** Im zweiten Aspekt kann, da die Oszillationsamplitude des Oszillationsbefehls so korrigiert wird, dass sie kleiner als der Abstand ist, verhindert werden, dass sich das Werkzeug in der Richtung entgegengesetzt zur Bearbeitungsstartposition zum Start des Oszillationsschneidens bewegt.

**[0069]** Im dritten Aspekt kann, da das Korrekturverhältnis in einer Vorschubachse auf die restlichen Vorschubachsen angewendet wird, verhindert werden, dass sich das Werkzeug in der entgegengesetzten Richtung entlang der Achse für die restlichen Achsen bewegt. Ferner kann die Last auf die restlichen Vorschubachsen verringert werden.

**[0070]** Im vierten Aspekt kann, da das Mindestkorrekturverhältnis angewendet wird, zuverlässig verhindert werden, dass sich das Werkzeug in der Richtung entgegengesetzt zum Bearbeitungsstartpunkt bewegt.

**[0071]** Im neunten Aspekt können Schnitte im Werkstück vermieden werden.

**[0072]** Obwohl die vorliegende Erfindung in Bezug auf repräsentative Ausführungsformen beschrieben wurde, ist einem Fachmann klar, dass die zuvor beschriebenen Modifikationen und verschiedene weitere Modifikationen, Auslassungen und Ergänzungen ausgeführt werden können, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

**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 5033929 [0002, 0003]
- JP 5139592 [0002, 0003]

**Patentansprüche**

1. Steuervorrichtung (20) einer Werkzeugmaschine (10) zum Schneiden einer äußeren Umfangsfläche oder einer inneren Umfangsfläche eines Werkstücks (W) mit einem Werkzeug (11), wobei die Steuervorrichtung umfasst:

eine Spindel (M0) zum Durchführen einer relativen Drehung zwischen dem Werkstück und dem Werkzeug um eine Drehachse des Werkstücks,

wenigstens eine Vorschubachse (M1, M2) zum Durchführen eines relativen Vorschubs zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück entlang einer Erzeugenden der äußeren Umfangsfläche oder der inneren Umfangsfläche des Werkstücks aufweist,

einen Positionserfassungsteil (T1, T2) zum Erfassen einer Position der Vorschubachse,

einen Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil (23), der einen Oszillationsbefehl für die wenigstens eine Vorschubachse auf der Basis einer Drehzahl der Spindel und eines Positionsbefehls für die wenigstens eine Vorschubachse erzeugt, so dass der Oszillationsbefehl zu einem positiven nicht-ganzzahligen Vielfachen der Drehzahl wird und so dass das Werkzeug periodisch das Werkstück schneidet,

einen Oszillationsbefehl-Korrekturteil (24) zum Korrigieren des vom Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil erzeugten Oszillationsbefehls unter Verwendung der vom Positionserfassungsteil erfassten Position der wenigstens einen Vorschubachse, und

einen Addierteil (26) zum Addieren des Oszillationsbefehls, der vom Oszillationsbefehl-Korrekturteil korrigiert wurde, zu einer Positionsabweichung, die ein Unterschied zwischen dem Positionsbefehl und der vom Positionserfassungsteil erfassten Position der wenigstens einen Vorschubachse ist.

2. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, ferner umfassend einen Berechnungsteil (25) zum Berechnen eines Abstands von einer Bearbeitungsstartposition des Werkstücks oder einer Bearbeitungsänderungsposition zu einer aktuellen Position des Werkzeugs auf der Basis der Position der wenigstens einen Vorschubachse, wobei der Oszillationsbefehl-Korrekturteil den Oszillationsbefehl so korrigiert, dass eine Oszillationsamplitude des Oszillationsbefehls kleiner ist als der vom Berechnungsteil berechnete Abstand.

3. Steuervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Oszillationsbefehl-Korrekturteil einen Korrekturverhältnis-Berechnungsteil (28) zum Berechnen eines Korrekturverhältnisses zwischen der Oszillationsamplitude vor der Korrektur durch den Oszillationsbefehl-Korrekturteil und der Oszillationsamplitude nach der Korrektur umfasst, und wenn die Steuervorrichtung eine Mehrzahl von Vorschubachsen umfasst, das vom Korrekturverhältnis-Berechnungsteil berechnete Korrekturverhältnis von einer Vorschubachse auf die restlichen Vorschubachsen angewendet wird.

4. Steuervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Oszillationsbefehl-Korrekturteil einen Korrekturverhältnis-Berechnungsteil (28) zum Berechnen eines Korrekturverhältnisses zwischen der Oszillationsamplitude vor der Korrektur durch den Oszillationsbefehl-Korrekturteil und der Oszillationsamplitude nach der Korrektur umfasst, und wenn die Steuervorrichtung eine Mehrzahl von Vorschubachsen umfasst, ein vom Korrekturverhältnis-Berechnungsteil berechnetes Mindestkorrekturverhältnis aus den Korrekturverhältnissen der Mehrzahl von Vorschubachsen auf die Mehrzahl von Vorschubachsen angewendet wird.

5. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil den Oszillationsbefehl erzeugt, in dem die Oszillationsamplitude als Versatzwert in Bezug auf eine Bezugsachse einer Kosinuswelle subtrahiert wurde.

6. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil eine Oszillationsfrequenz des Oszillationsbefehls erzeugt, so dass das Werkstück oder das Werkzeug jedes Mal um einen halben Zyklus versetzt wird, wenn das Werkstück oder das Werkzeug eine Umdrehung auf der Basis der Drehzahl absolviert, und die Oszillationsamplitude des Oszillationsbefehls auf der Basis der Vorschubgeschwindigkeit erzeugt.

7. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil die Oszillationsfrequenz und die Oszillationsamplitude erzeugt, so dass das Drehmoment der wenigstens einen Vorschubachse einen vorgegebenen Wert nicht überschreitet.

8. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil die Oszillationsfrequenz und die Oszillationsamplitude auf der Basis einer gewünschten Länge des vom das Werkstück bearbeitenden Werkzeug erzeugten Spans erzeugt.

9. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Werkstück wenigstens teilweise rotationssymmetrisch ist und einen Eckabschnitt umfasst, der mit dem radial äußersten Abschnitt des Werkstücks auf der Seite, die sich radial weiter nach innen befindet als der radial äußerste Abschnitt in einem Querschnitt entlang der Drehachse, nicht durchgehend ist.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

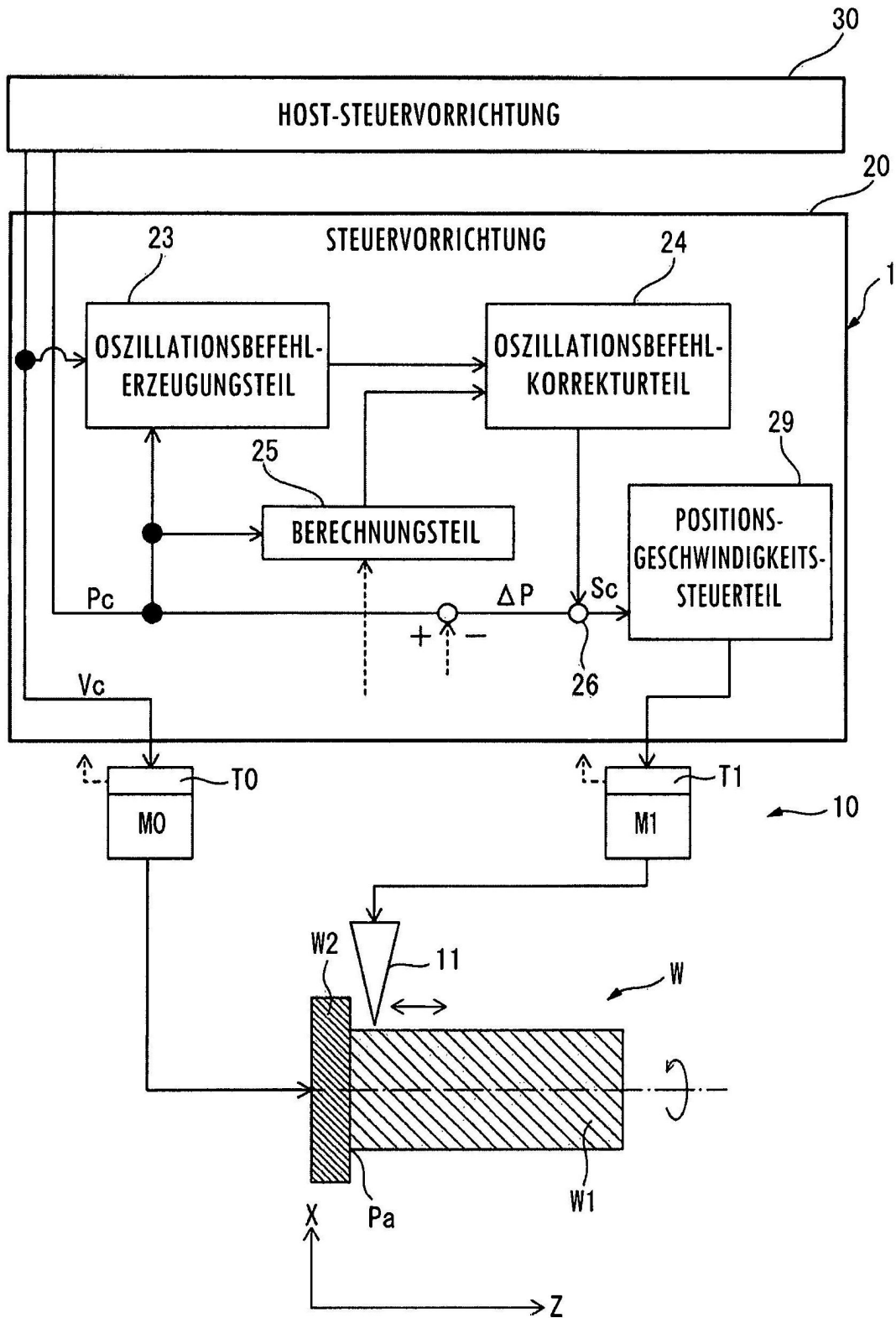


FIG. 2A

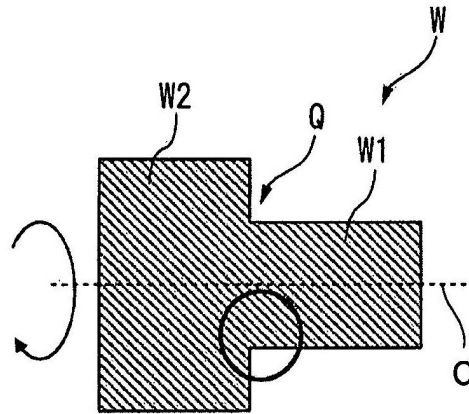


FIG. 2B

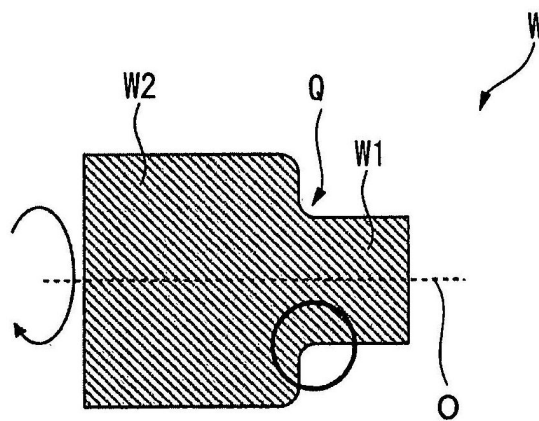


FIG. 2C

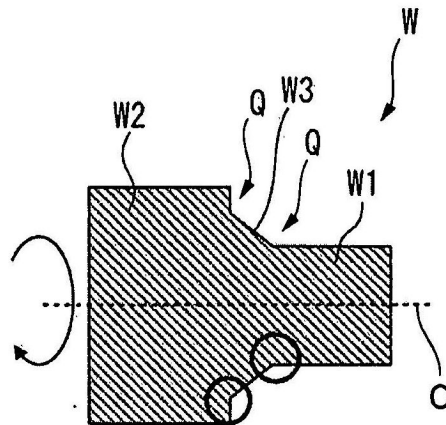


FIG. 2D

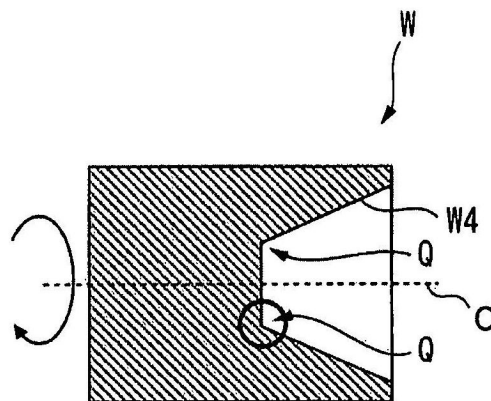


FIG. 3

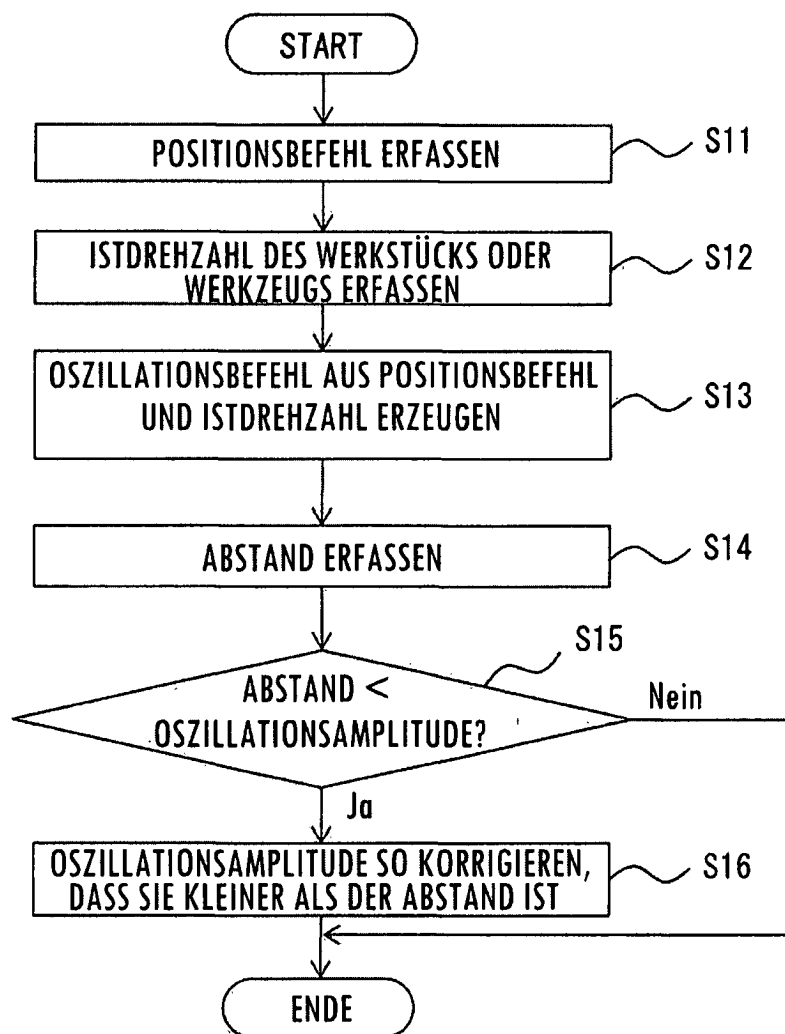


FIG. 4

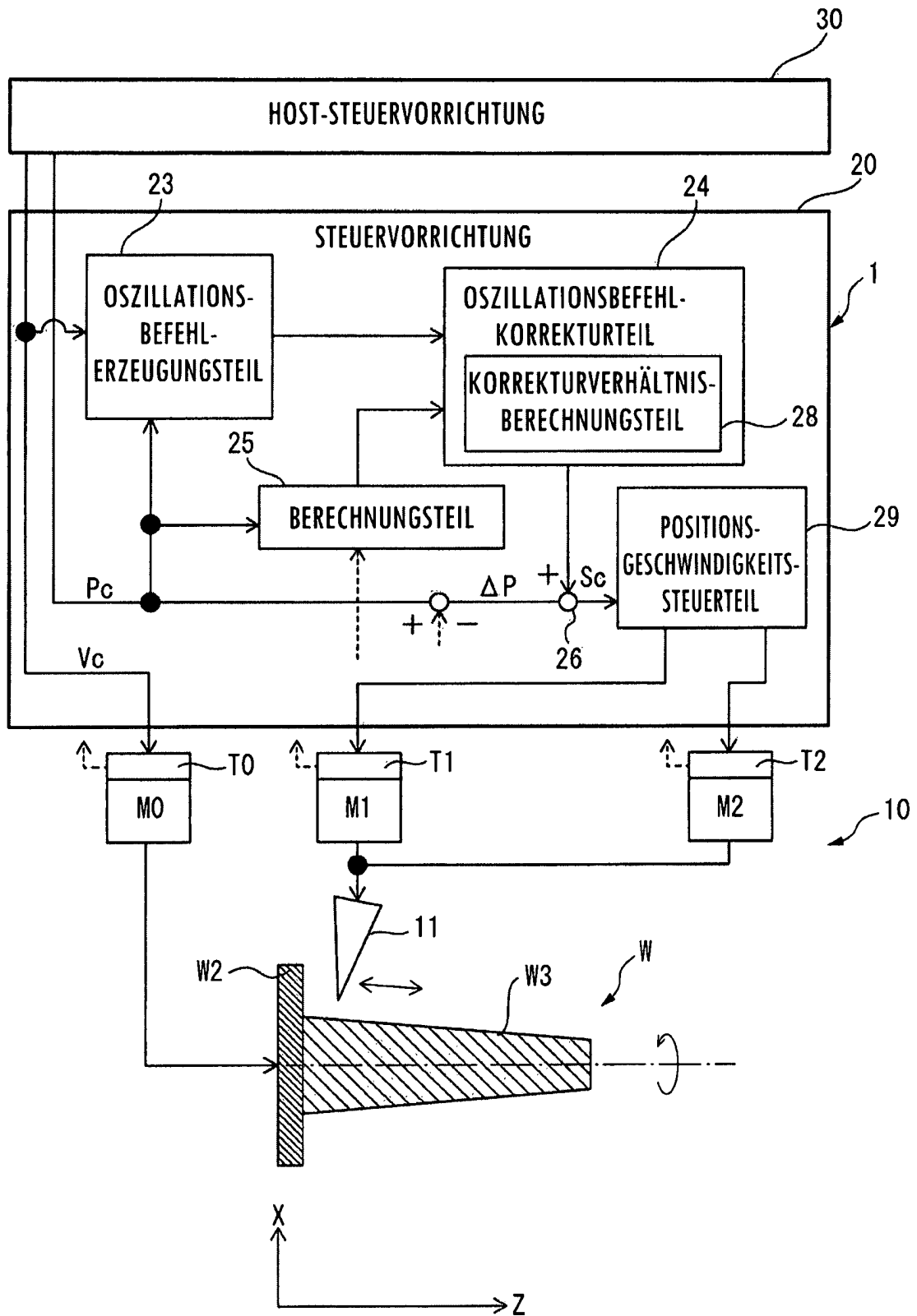


FIG. 5

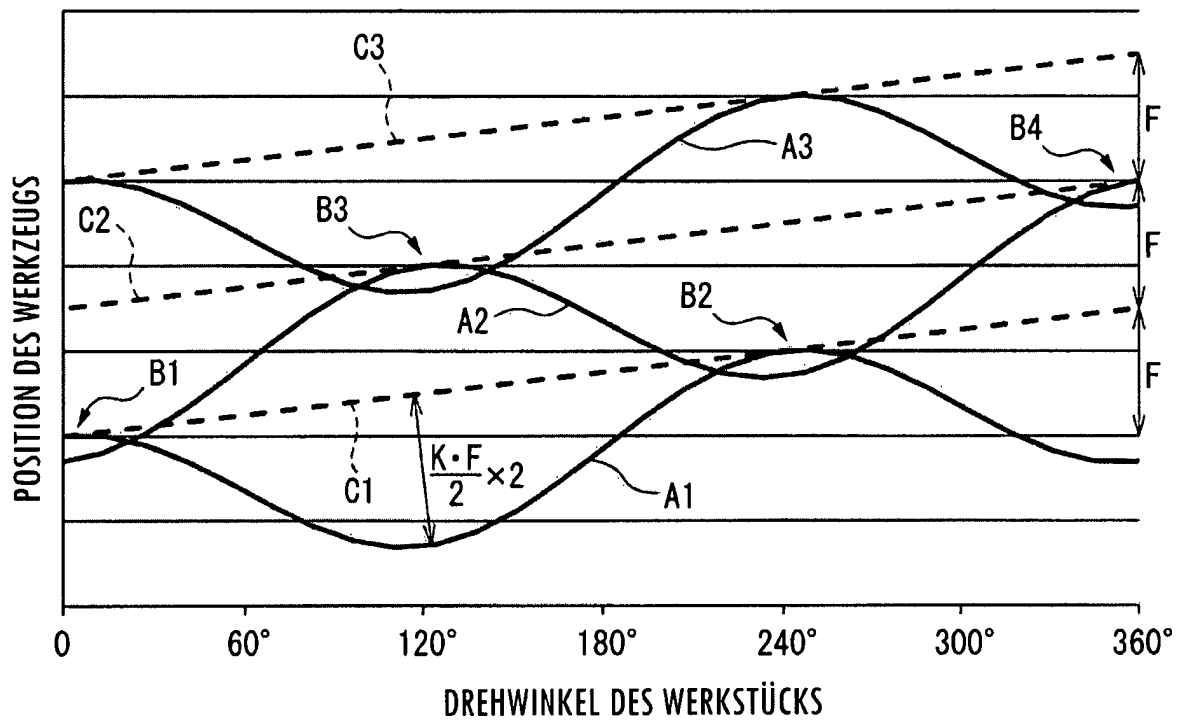


FIG. 6A

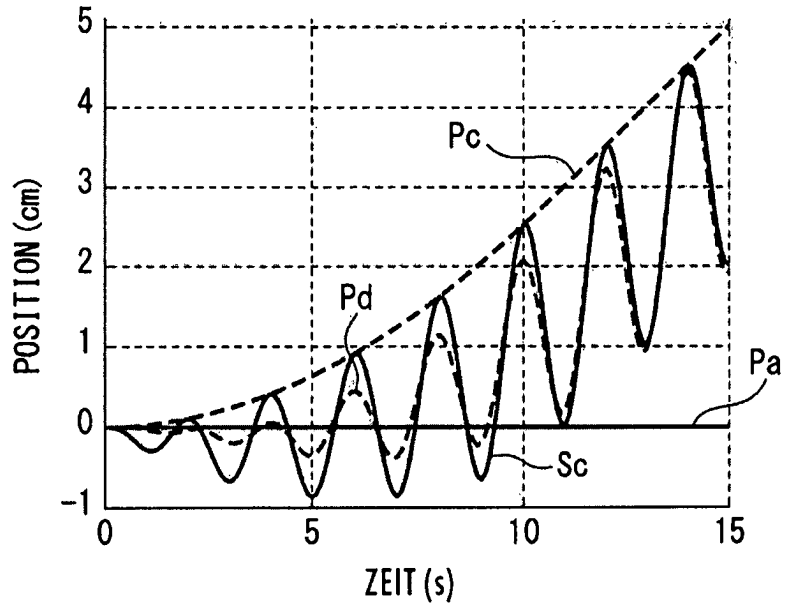


FIG. 6B

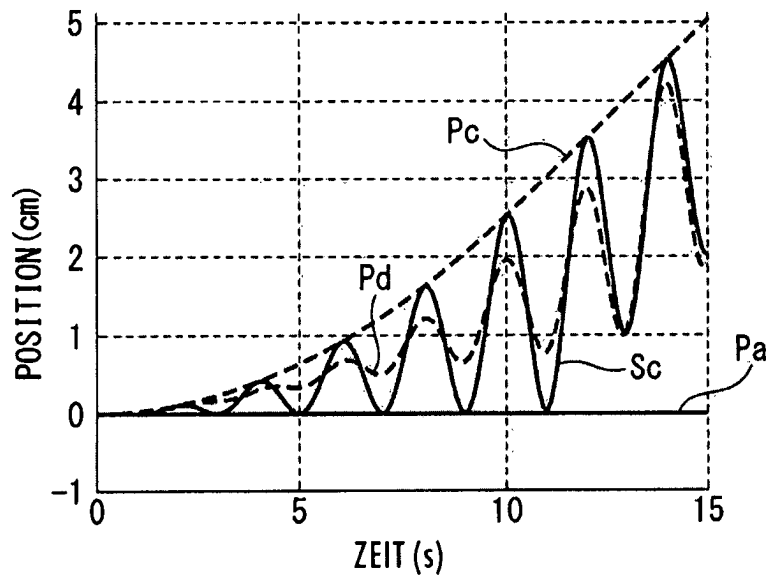


FIG. 7

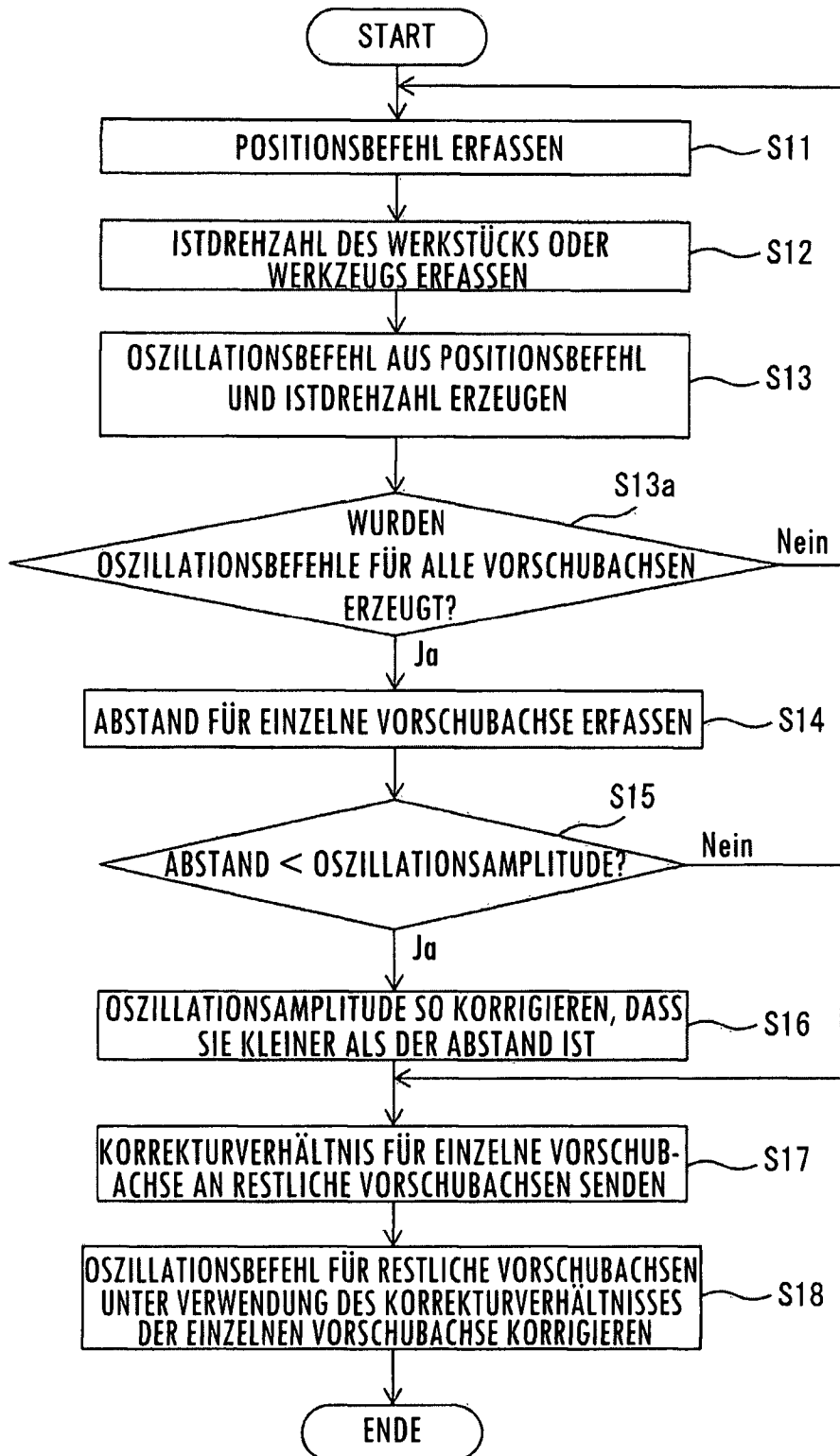


FIG. 8

