



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 002 957.4**  
(22) Anmeldetag: **11.04.2018**  
(43) Offenlegungstag: **18.10.2018**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **11.05.2023**

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

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

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

(73) Patentinhaber:  
**FANUC CORPORATION, Oshino-mura,  
Yamanashi, JP**

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

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

(56) Ermittelte Stand der Technik:

<b>EP</b>	<b>0 197 172</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>5 033 929</b>	<b>B1</b>
<b>JP</b>	<b>5 139 592</b>	<b>B1</b>

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

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

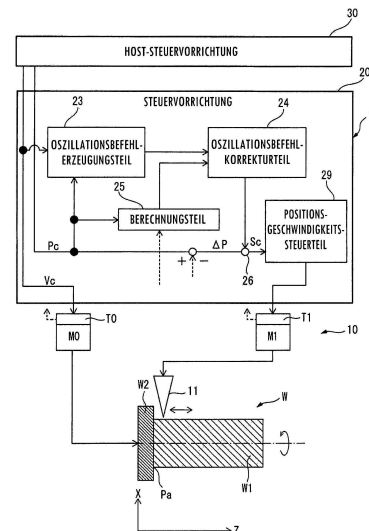
eine Spindel (M0) zum Drehen des Werkstücks (W) um eine Drehachse des Werkstücks (W),  
wenigstens eine Vorschubachse (M1, M2) zum Verlagern des Werkzeugs (11) entlang einer Erzeugenden der äußeren Umfangsfläche oder der inneren Umfangsfläche des Werkstücks (W),

einen Positionserfassungsteil (T1, T2) zum Erfassen einer Position der Vorschubachse (M1, M2), wobei die Vorrichtung ferner umfasst:

einen Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil (23), der einen Oszillationsbefehl für die wenigstens eine Vorschubachse (M1, M2) auf der Basis einer Drehzahl der Spindel (M0) und eines Positionsbefehls für die wenigstens eine Vorschubachse (M1, M2) erzeugt, so dass die Oszillationsanzahl des Werkstücks (W) pro Rotation der Spindel (M0) zu einem positiven nicht-ganzzahligen Vielfachen der Drehzahl wird und so dass das Werkzeug (11) periodisch das Werkstück (W) schneidet,  
wobei der Oszillationsbefehl eine Oszillationsfrequenz und eine Oszillationsamplitude umfasst, wobei die Vorrichtung ferner umfasst:

einen Oszillationsbefehl-Korrekturteil (24) zum Korrigieren des Oszillationsbefehls unter Verwendung der vom Positionserfassungsteil (T1, T2) erfassten Position der wenigstens einer Vorschubachse (M1, M2), um die Verwendung

des Oszillationsbefehls fortzusetzen, wenn die Oszillationsamplitude des Oszillationsbefehls nicht größer als der Abstand von einem Bearbeitungsstartpunkt zu einer gegenwärtigen Position des Werkzeugs (11) ist, und um das Werkzeug (11) in der entgegengesetzten Richtung zu bewegen und um zu verhindern, dass das Werkzeug (11) sich über die Bearbeitungsstartposition auf der negativen Seite hinaus bewegt, wenn die Oszillationsamplitude des Oszillationsbefehls größer ist als der Abstand, und einen ...



## Beschreibung

### Hintergrund der Erfindung

#### 1. Gebiet der Erfindung

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

#### 2. 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).

**[0003]** Ein Verfahren mit oszillierendem Werkzeug und eine entsprechende Drehvorrichtung ist ferner aus der Offenlegungsschrift EP 0 197 172 A1 bekannt. Mit dem darin beschriebenen Verfahren bzw. der darin beschriebenen Vorrichtung werden Bruchspäne mit vorhersagbarer Spanlänge erzeugt, indem das Werkzeug entlang der Linie der Vorschubvektoren mit einer Schwingungsamplitude schwingt, die etwa dem halben effektiven Vorschub pro Umdrehung entspricht.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0004]** 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.

**[0005]** 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.

**[0006]** Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Steuervorrichtung für eine Oszillationsschneiden durchführende Werkzeugmaschine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

**[0007]** 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 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.

**[0008]** 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 Werk-

zeugvorschubrichtung über die Bearbeitungsstartposition hinaus bewegt. Somit können Schnitte im Werkstück vermieden werden.

**[0009]** 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

**[0010]** 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.

**[0011]** **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.

**[0012]** 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.

**[0013]** 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 M1 vorhanden sein. Die Positionserfassungsteile T0, T1 und T2 können Geber sein.

**[0014]** Die Host-Steuervorrichtung 30 kann beispielsweise eine SPS (speicherprogrammierbare Steuerung) sein. Die Host-Steuervorrichtung 30 umfasst die Bearbeitungsbedingungen des Werkstücks W, beispielsweise den Drehgeschwindigkeitsbefehl  $V_c$  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  $P_c$  der Positionsbefehl pro Zeiteinheit ist, kann der Positionsbefehl  $P_c$  als eine Art von Geschwindigkeitsbefehl betrachtet werden.

**[0015]** Die Steuervorrichtung 20 ist ein digitaler Computer umfassend eine CPU. Die Steuervorrichtung 20 umfasst einen Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil 23, der einen Oszillationsbefehl für wenigstens eine Vorschubachse 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.

**[0016]** 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 Oszillationsschneiden 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.

**[0017]** 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-Steuerteil 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.

**[0018]** **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.

**[0019]** 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.

**[0020]** 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.

**[0021]** 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.

**[0022]** **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.

**[0023]** Ferner geht aus **Fig. 1** hervor, dass der Flansch W des Werkstücks W auf der Minuseite 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.

**[0024]** 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.

**[0025]** 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.

**[0026]** **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.

**[0027]** 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.

**[0028]** **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.

**[0029]** 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.

**[0030]** 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.

**[0031]** 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.

**[0032]** 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.

**[0033]** 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.

**[0034]** 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.

**[0035]** 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.

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

**[0036]** 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).

**[0037]** 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.

**[0038]** 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.

**[0039]** 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.

**[0040]** 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.

**[0041]** 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.

**[0042]** 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.

**[0043]** 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.

**[0044]** 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.

**[0045]** 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.

**[0046]** 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.

**[0047]** 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.

**[0048]** 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.

**[0049]** 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.

**[0050]** 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.

**[0051]** 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.

**[0052]** 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.

**[0053]** 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.

**[0054]** 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.

**[0055]** 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.

**[0056]** 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.

**[0057]** 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.

**[0058]** 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.

**[0059]** 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

**[0060]** 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.

**[0061]** 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.

**[0062]** Gemäß dem dritten 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 das vom Korrekturverhältnis-Berechnungsteil berechnete Korrekturverhältnis von einer Vorschubachse auf die restlichen Vorschubachsen angewendet.

**[0063]** 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.

**[0064]** 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.

**[0065]** 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.

**[0066]** 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.

**[0067]** 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.

**[0068]** 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

**[0069]** 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 Werkzeugvor-

schubrichtung über die Bearbeitungsstartposition hinaus bewegt. Somit können Schnitte im Werkstück vermieden werden.

**[0070]** 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.

**[0071]** 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.

**[0072]** Im vierten Aspekt kann, da das Mindestkorrekturverhältnis angewendet wird, zuverlässig verhindert werden, dass sich das Werkzeug in der Richtung entgegengesetzt zum Bearbeitungsstartpunkt bewegt.

**[0073]** Im neunten Aspekt können Schnitte im Werkstück vermieden werden.

**[0074]** 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.

### 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 (20) umfasst:

eine Spindel (M0) zum Drehen des Werkstücks (W) um eine Drehachse des Werkstücks (W),  
wenigstens eine Vorschubachse (M1, M2) zum Verlagern des Werkzeugs (11) entlang einer Erzeugenden der äußeren Umfangsfläche oder der inneren Umfangsfläche des Werkstücks (W),  
einen Positionserfassungsteil (T1, T2) zum Erfassen einer Position der Vorschubachse (M1, M2), wobei die Vorrichtung ferner umfasst:

einen Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil (23), der einen Oszillationsbefehl für die wenigstens eine Vorschubachse (M1, M2) auf der Basis einer Drehzahl der Spindel (M0) und eines Positionsbefehls für die wenigstens eine Vorschubachse (M1, M2) erzeugt, so dass die Oszillationsanzahl des Werkstücks (W) pro Rotation der Spindel (M0) zu einem positiven nicht-ganzzahligen Vielfachen der Drehzahl wird und so dass das Werkzeug (11) periodisch das Werkstück (W) schneidet,  
wobei der Oszillationsbefehl eine Oszillationsfrequenz und eine Oszillationsamplitude umfasst, wobei die Vorrichtung ferner umfasst:

einen Oszillationsbefehl-Korrekturteil (24) zum Korrigieren des Oszillationsbefehls unter Verwendung der vom Positionserfassungsteil (T1, T2) erfassten Position der wenigstens einen Vorschubachse (M1, M2), um die Verwendung des Oszillationsbefehls fortzusetzen, wenn die Oszillationsamplitude des Oszillationsbefehls nicht größer als der Abstand von einem Bearbeitungsstartpunkt zu einer gegenwärtigen Position des Werkzeugs (11) ist, und um das Werkzeug (11) in der entgegengesetzten Richtung zu bewegen und um zu verhindern, dass das Werkzeug (11) sich über die Bearbeitungsstartposition auf der negativen Seite hinaus bewegt, wenn die Oszillationsamplitude des Oszillationsbefehls größer ist als der Abstand, 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 (T1, T2) erfassten Position der wenigstens einen Vorschubachse (M1, M2) ist, 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 dann,  
wenn die Steuervorrichtung (20) eine Mehrzahl von Vorschubachsen (M1, M2) umfasst, das vom Korrekturverhältnis-Berechnungsteil berechnete Korrekturverhältnis von einer Vorschubachse (M1, M2) auf die restlichen Vorschubachsen (M1, M2) angewendet wird, oder ein vom Korrekturverhältnis-Berechnungsteil berechnetes Mindestkorrekturverhältnis aus den Korrekturverhältnissen der Mehrzahl von Vorschubachsen (M1, M2) auf die Mehrzahl von Vorschubachsen (M1, M2) angewendet wird.

2. Steuervorrichtung (20) nach Anspruch 1, ferner umfassend einen Berechnungsteil (25) zum Berechnen eines Abstands von einer Bearbeitungsstartposition des Werkstücks (W) oder einer Bearbeitungsände-

rungsposition zu einer aktuellen Position des Werkzeugs (11) auf der Basis der Position der wenigstens einen Vorschubachse (M1, M2), wobei der Oszillationsbefehl-Korrekturteil den Oszillationsbefehl so korrigiert, dass eine Oszillationsamplitude des Oszillationsbefehls kleiner ist als der vom Berechnungsteil berechnete Abstand.

3. Steuervorrichtung (20) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil (23) den Oszillationsbefehl erzeugt, in dem die Oszillationsamplitude als Versatzwert in Bezug auf eine Bezugsachse einer Kosinuswelle subtrahiert wurde.

4. Steuervorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil (23) eine Oszillationsfrequenz des Oszillationsbefehls erzeugt, so dass das Werkstück (W) oder das Werkzeug (11) jedes Mal um einen halben Zyklus versetzt wird, wenn das Werkstück (W) oder das Werkzeug (11) eine Umdrehung auf der Basis der Drehzahl absolviert, und die Oszillationsamplitude des Oszillationsbefehls auf der Basis der Vorschubgeschwindigkeit erzeugt.

5. Steuervorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil (23) die Oszillationsfrequenz und die Oszillationsamplitude erzeugt, so dass das Drehmoment der wenigstens einen Vorschubachse (M1, M2) einen vorgegebenen Wert nicht überschreitet.

6. Steuervorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Oszillationsbefehl-Erzeugungsteil (23) die Oszillationsfrequenz und die Oszillationsamplitude auf der Basis einer gewünschten Länge des vom das Werkstück (W) bearbeitenden Werkzeug (11) erzeugten Spans erzeugt.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

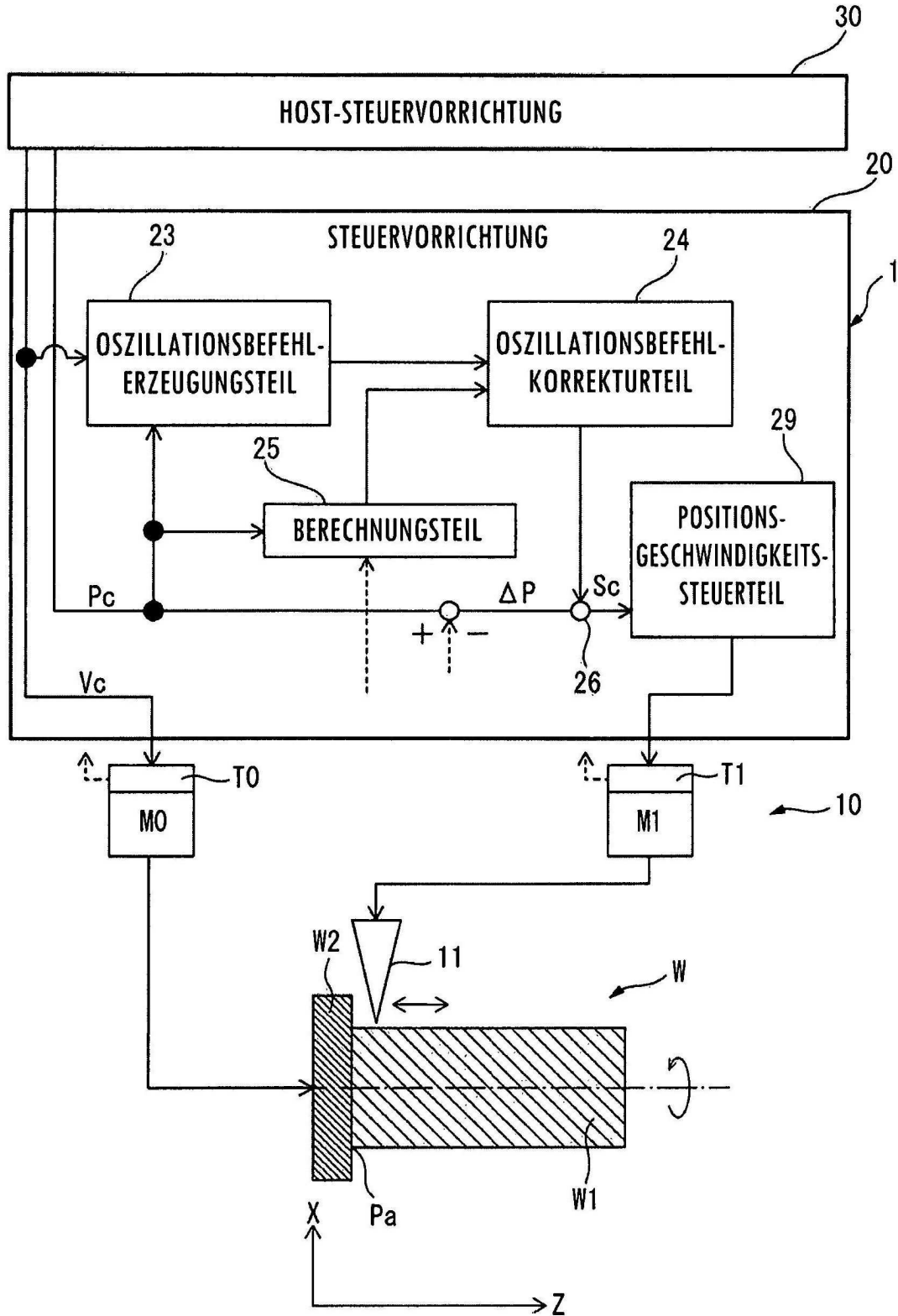


FIG. 2A

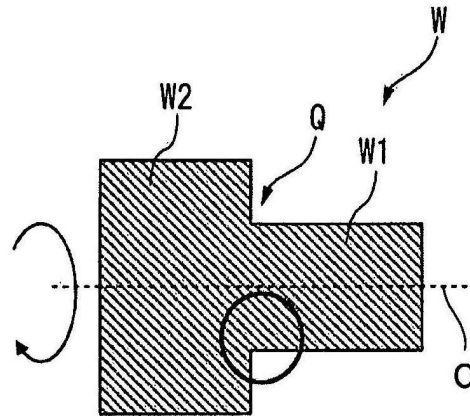


FIG. 2B

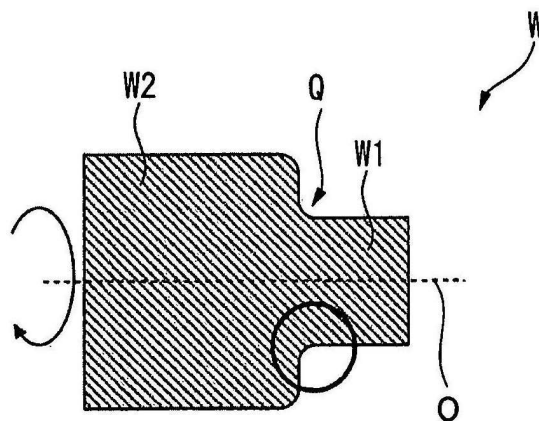


FIG. 2C

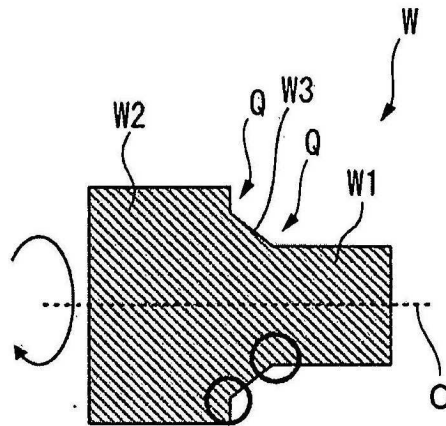


FIG. 2D

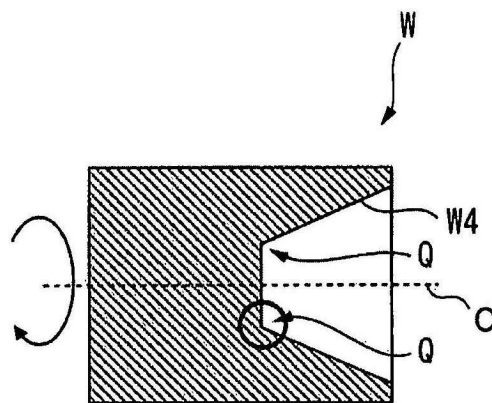


FIG. 3

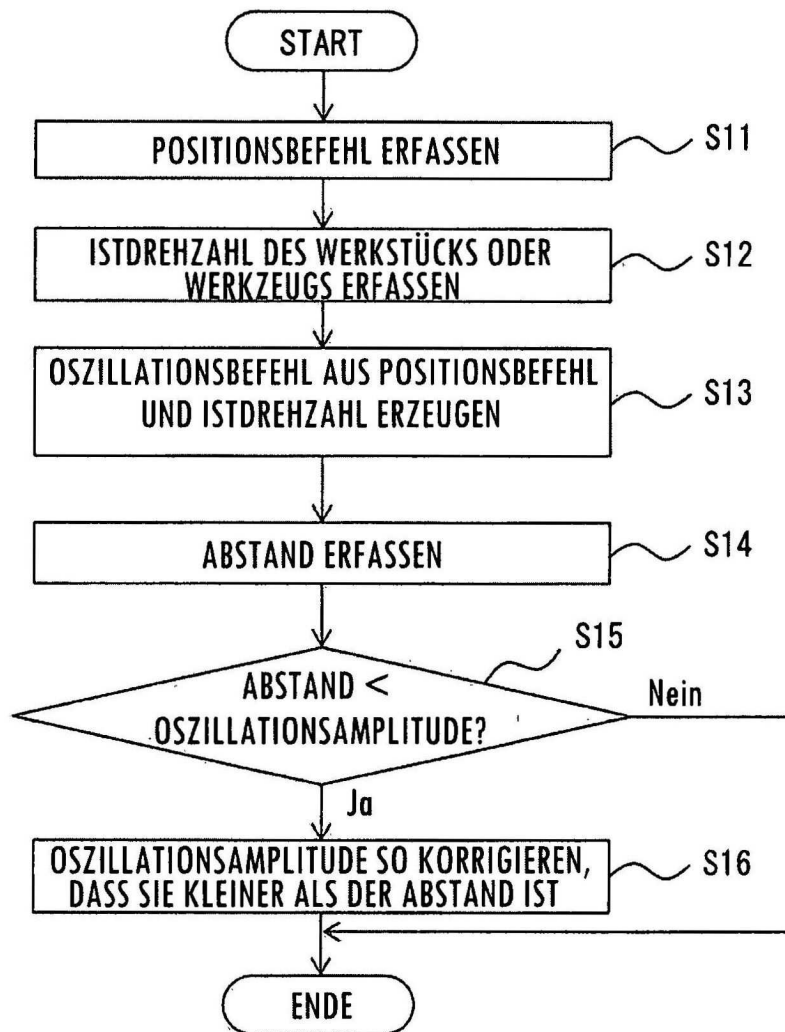


FIG. 4

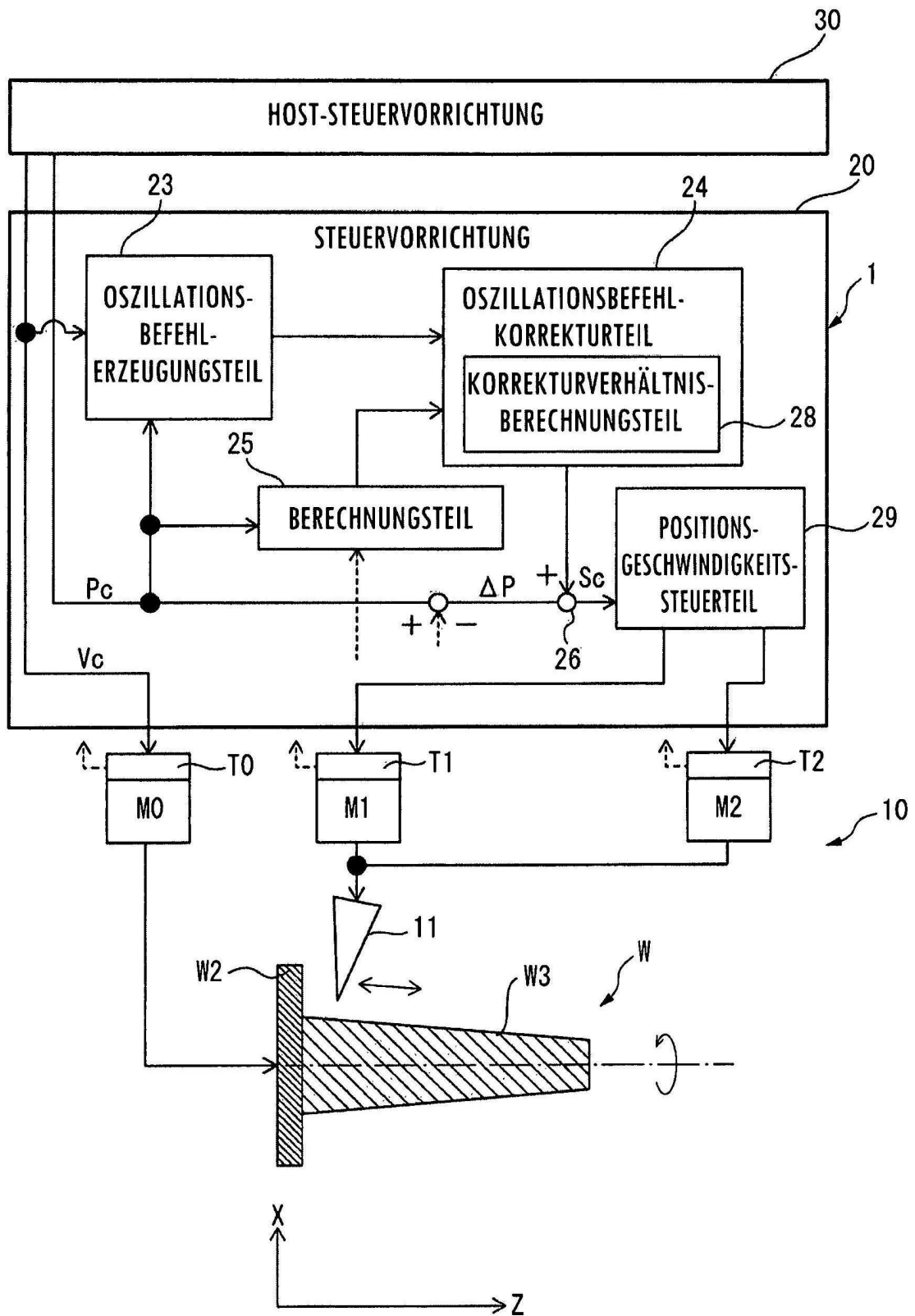


FIG. 5

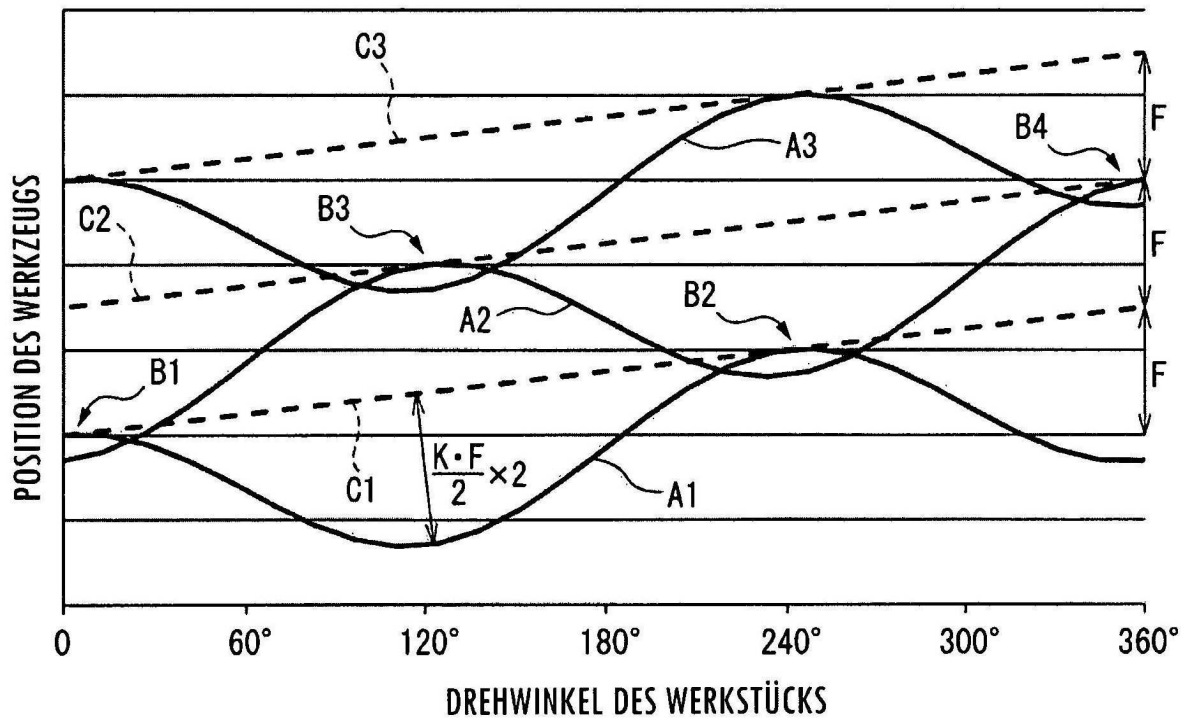


FIG. 6A

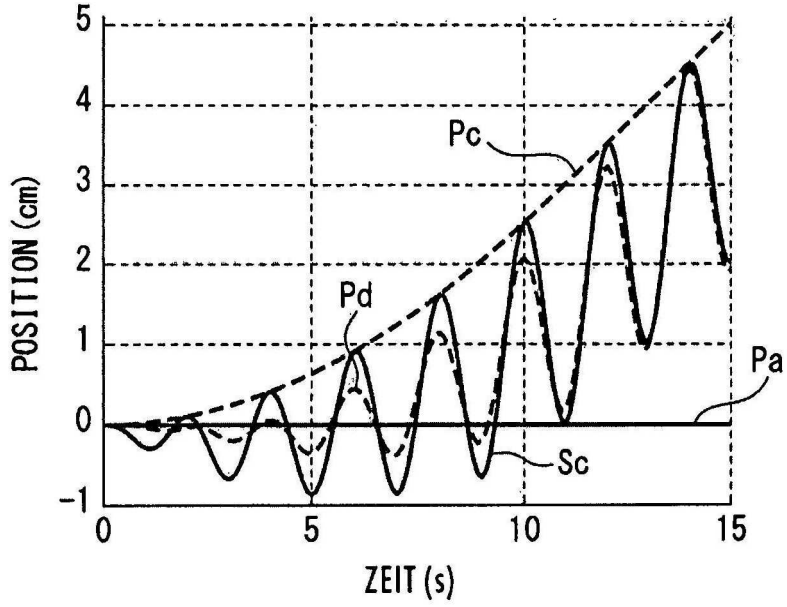


FIG. 6B

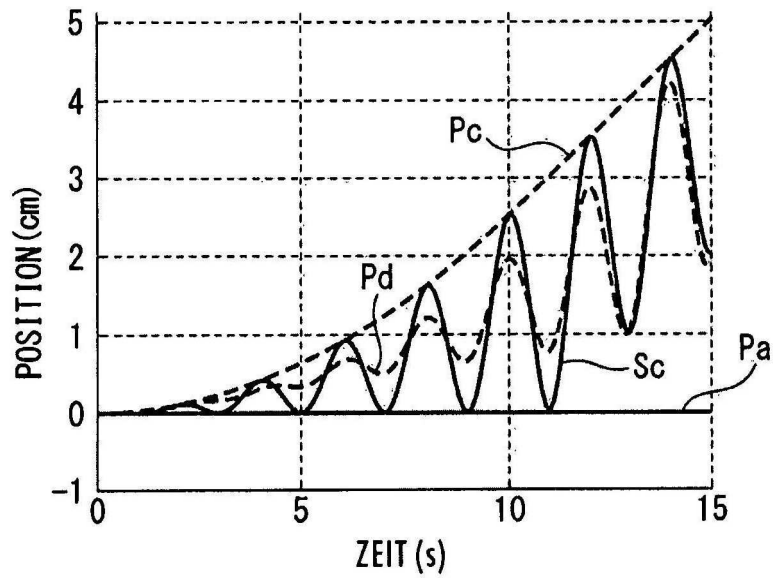


FIG. 7

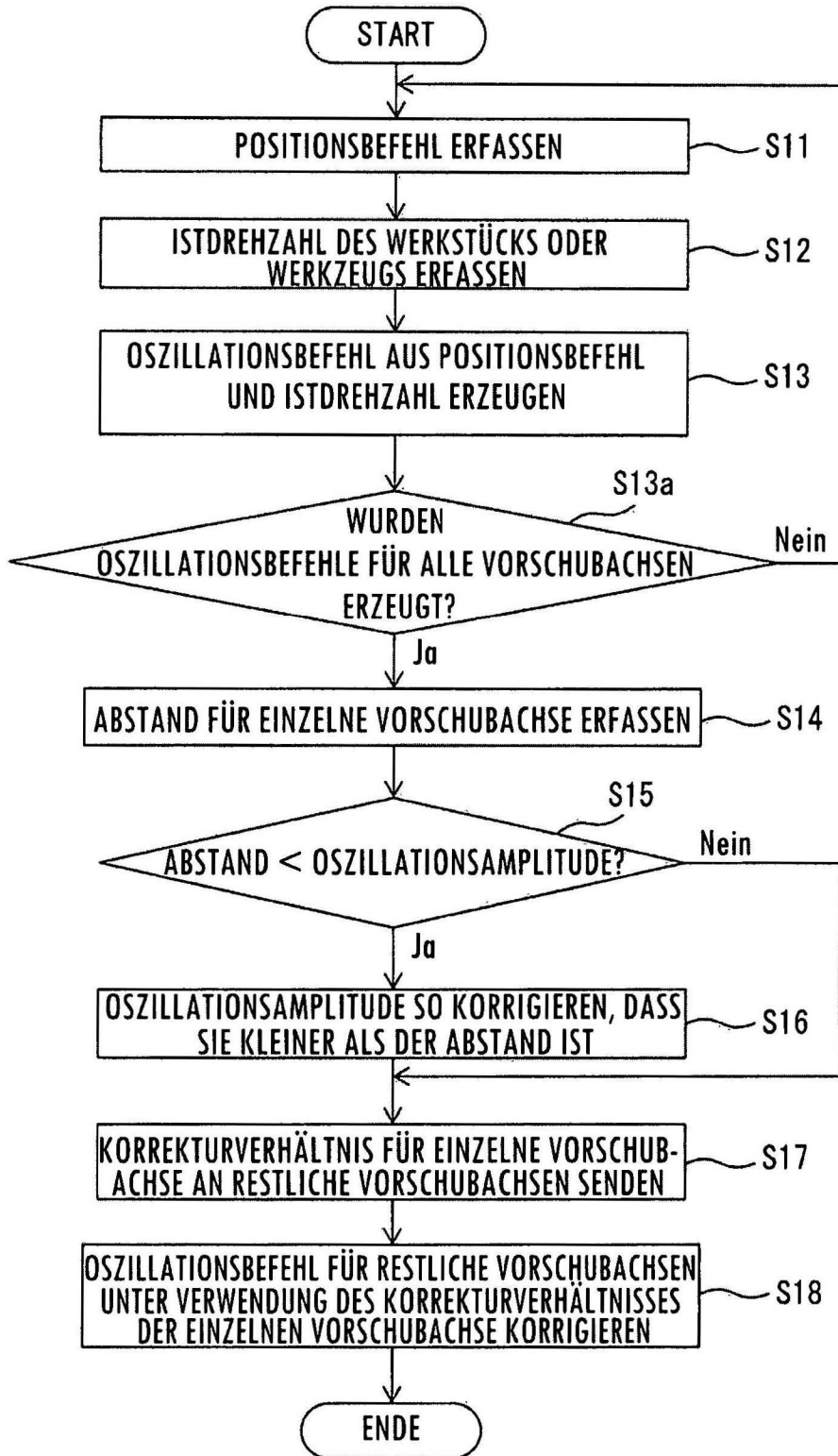


FIG. 8

