(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2021 007 701 T5** 2024.03.14

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/007662**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2021 007 701.5**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2021/028167**
(86) PCT-Anmeldetag: **29.07.2021**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **02.02.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **14.03.2024**

(51) Int Cl.: ***G05B 19/18*** (2006.01)
G05B 19/404 (2006.01)

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

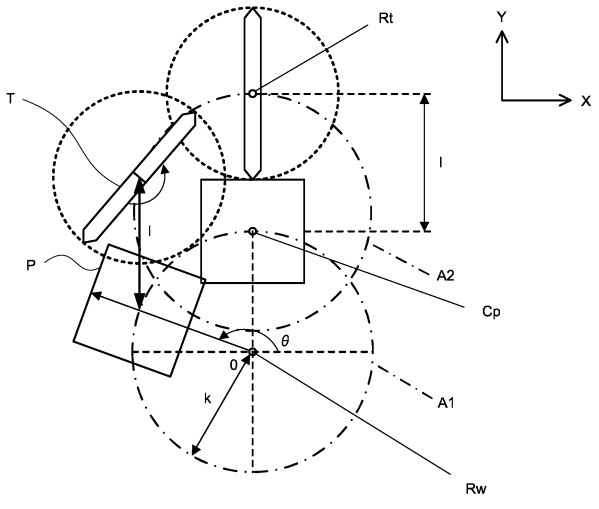
(74) Vertreter:
Wuesthoff & Wuesthoff, Patentanwälte PartG mbB, 81541 München, DE

(72) Erfinder:
Miyoshi, Takashi, Oshino-mura, Yamanashi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Numerische Steuerung**

(57) Zusammenfassung: Eine numerische Steuerung weist auf: eine erste Steuereinheit, die ein Werkstück um eine Drehachse des Werkstückes dreht; eine zweite Steuereinheit, die ein drehendes Werkzeug dreht mit einer Drehgeschwindigkeit gemäß einem konstanten Verhältnis in Bezug auf die Drehgeschwindigkeit des Werkstückes um die Drehachse des drehenden Werkzeuges, welche parallel ist zur Drehachse des Werkstückes; und eine dritte Steuereinheit, die die Relativposition der Drehachse des drehenden Werkzeuges und der Mittelachse des Polygons so steuert, dass die Positionsbeziehung zwischen Drehachse des drehenden Werkzeuges und Mittelachse des Polygons fest ist, wobei die Mittelachse des Polygons durch eine vorgegebene Stelle des Werkstückes verläuft und parallel ist zur Drehachse des Werkstückes.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Beschreibung betrifft eine numerische Steuerung für eine Werkzeugmaschine.

Hintergrund

[0002] Bekannt ist eine Technik der Bearbeitung eines Polygons auf einer Werkstückoberfläche durch Drehung eines Polygon-Bearbeitungswerkzeuges (nachfolgend bezeichnet als rotierendes Werkzeug, angetriebenes Werkzeug) synchron mit einem Werkstück (siehe beispielsweise Patentliteratur 1). Durch diese Technik ist es möglich, das Polygon in kürzerer Zeit zu gewinnen im Vergleich zur Zeit, die erforderlich ist zum Ausführen der Bearbeitung mit einem Fräser.

Referenzen

Patentliteratur

[0003] Patentliteratur 1: JP 2021-43732 A

Kurzbeschreibung der Erfindung

Technisches Problem

[0004] Mit der herkömmlichen Technik kann allerdings kein Polygon in einer Position spanabhebend geformt werden, die exzentrisch ist in Bezug auf eine Rotationsachse des Werkstückes. Deshalb besteht ein Bedarf an einer Technik zur Bearbeitung des Polygons an einer Stelle exzentrisch in Bezug auf die Drehachse des Werkstückes in kurzer Zeit.

[0005] Ein Ziel der vorliegenden Beschreibung ist die Bereitstellung einer numerischen Steuerung, die in der Lage ist, ein Polygon an einer Stelle durch Bearbeitung zu gewinnen, wobei die Stelle exzentrisch ist in Bezug auf ein Drehzentrum eines Werkstückes und wobei die Bearbeitung in kurzer Zeit erfolgen soll.

Lösung des Problems

[0006] Eine numerische Steuerung enthält eine erste Steuereinheit, die eingerichtet ist zum Drehen eines Werkstückes um eine Drehachse des Werkstückes, eine zweite Steuereinheit, die eingerichtet ist zum Drehen eines drehenden Werkzeuges um eine Drehachse des drehenden Werkzeuges mit einer Drehgeschwindigkeit in einem konstanten Verhältnis in Bezug auf eine Drehgeschwindigkeit des Werkstückes, wobei die Drehachse des drehenden Werkzeuges parallel ist zur Drehachse des Werkstückes, und eine dritte Steuereinheit, die eingerichtet ist zum Steuern einer Relativposition zwischen der Drehachse des drehenden Werkzeuges und einer Mittelachse eines Polygons derart, dass eine Positionsbeziehung zwischen der Mittelachse des Polygons und der Drehachse des drehenden Werkzeuges konstant gehalten ist, wobei die Mittelachse des Polygons parallel ist zur Drehachse des Werkstückes und durch eine vorgegebene Stelle des Werkstückes geht.

Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung

[0007] Gemäß einem Merkmal der vorliegenden Beschreibung ist es möglich, ein Polygon an einer Stelle durch Bearbeitung zu gewinnen, wobei die Stelle exzentrisch ist in Bezug auf ein Drehzentrum eines Werkstückes und wobei die Bearbeitung in kurzer Zeit erfolgen kann.

Kurzbeschreibung der Figuren

Fig. 1 ist Blockdiagramm zur Erläuterung eines Beispiels des Aufbaus einer Werkzeugmaschine.

Fig. 2 ist eine Darstellung zur Erläuterung eines Beispiels für ein Polygon.

Fig. 3 ist eine Darstellung zur Erläuterung eines Beispiels eines Polygons.

Fig. 4 ist eine Darstellung zur Erläuterung eines Beispiels für den Pfad einer Schneidkante eines drehenden Werkzeuges in Bezug auf ein Werkstück.

Fig. 5 ist eine Darstellung zur Erläuterung eines Beispiels für den Pfad der Schneidkante eines drehenden Werkzeuges in Bezug auf das Werkstück.

Fig. 6 ist eine Darstellung zur Erläuterung eines Beispiels von Funktionen einer numerischen Steuerung.

Fig. 7 ist eine Darstellung zur Erläuterung eines Anfangszustandes.

Fig. 8 ist eine Darstellung zur Erläuterung einer Positionsbeziehung zwischen einer Drehachse eines drehenden Werkzeuges und einer Mittelachse des Polygons.

Fig. 9 ist eine Darstellung zur Erläuterung eines Beispiels für einen Ablauf des Prozesses bei Ausführung einer Polygonbearbeitung durch die numerische Steuerung.

Fig. 10A ist eine Darstellung zur Erläuterung eines Beispiels einer Phase (Stellung) des Polygons.

Fig. 10B ist eine Darstellung zur Erläuterung eines Beispiels der Phase des Polygons.

Fig. 11A ist eine Darstellung zur Erläuterung eines Beispiels für die Phase des Polygons.

Fig. 11B ist eine Darstellung zur Erläuterung eines Beispiels für die Phase des Polygons.

Fig. 12 ist ein Beispiel zur Erläuterung eines Beispiels für die Funktionen der numerischen Steuerung.

Fig. 13 ist eine Darstellung zur Erläuterung eines Beispiels für einen Anfangszustand.

Fig. 14 ist eine Darstellung zur Erläuterung eines Beispiels für den Anfangszustand.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

[0008] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der vorliegenden Beschreibung mit Blick auf die Figuren beschrieben. Es wird darauf hingewiesen, dass nicht alle Kombinationen von Merkmalen, die bezüglich der nachfolgenden Ausführungsbeispiele beschrieben werden, notwendig erforderlich sind für die Lösung des Problems. Auch kann eine unnötig ins Detail gehende Beschreibung vermieden werden. Die nachfolgende Beschreibung von Ausführungsbeispielen und die Figuren werden der Fachperson gegeben für ein umfassendes Verständnis der vorliegenden Beschreibung, sie dienen nicht dazu, den Umfang der Patentansprüche zu begrenzen.

[0009] **Fig.** 1 ist ein Blockdiagramm für ein Beispiel eines gerätetechnischen Aufbaus einer Werkzeugmaschine einschließlich einer numerischen Steuerung. Eine Werkzeugmaschine 1 enthält eine Drehbank, ein Bearbeitungszentrum und eine Mehrzweckmaschine.

[0010] Die Werkzeugmaschine 1 enthält eine numerische Steuerung 2, eine Eingabe-/Ausgabeeinrichtung 3, einen Servoverstärker 4, einen Servomotor 5 für die Werkzeugdrehung, einen X-Achsenservomotor 6, einen Y-Achsenservomotor 7, einen Z-Achsenservomotor 8, einen Spindelverstärker 9, einen Spindelmotor 10 und eine Hilfseinrichtung 11.

[0011] Die numerische Steuerung 2 steuert die gesamte Werkzeugmaschine 1. Die numerische Steuerung 2 enthält einen Prozessor 201, einen Bus 202, einen Lesespeicher (ROM) 203, einen Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM) 204 und einen nicht-flüchtigen Speicher 205.

[0012] Der Prozessor 201 steuert die gesamte numerische Steuerung 2 gemäß einem Systemprogramm. Der Prozessor 201 liest das Systemprogramm oder dergleichen, welches in dem ROM 203 abgelegt ist, über den Bus 202 und führt verschiedene Arten von Prozessen entsprechend dem Systemprogramm aus. Der Prozessor 201 steuert den Servomotor 5 für die Werkzeugdrehung, den X-Achsenservomotor 6, den Y-Achsenservomotor 7, den Z-Achsenservomotor 8 und den Spindelmotor 10 entsprechend einem Bearbeitungsprogramm. Bei dem Prozessor 201 handelt es sich beispielsweise um einen zentralen Prozessor (CPU) oder um eine entsprechende elektronische Schaltung.

[0013] Der Prozessor 201 analysiert das Bearbeitungsprogramm und gibt für jeden Steuerzyklus einen Steuerbefehl an den Servomotor 5 für die Werkzeugdrehung, den X-Achsenservomotor 6, den Y-Achsenservomotor 7, den Z-Achsenservomotor 8 und den Spindelmotor 10.

[0014] Der Bus 202 verbindet für eine Kommunikation die Elemente der numerischen Steuerung 2 miteinander. Die Elemente der Hardware in der numerischen Steuerung 2 tauschen über den Bus 202 Daten aus.

[0015] Der ROM 203 ist eine Speichereinrichtung zum Speichern des Systemprogramms und dergleichen zum Steuern der gesamten numerischen Steuerung 2. Der ROM 203 ist ein computerlesbares Speichermedium.

[0016] Der RAM 204 ist ein Speicher zum zeitweisen Speichern von verschiedenen Daten. Der RAM 204 arbeitet als Arbeitsbereich, in dem der Prozessor 201 verschiedene Daten verarbeitet.

[0017] Der nicht-flüchtige Speicher 205 ist eine Speichereinrichtung, welche Daten auch dann speichert, wenn die Werkzeugmaschine 1 ausgeschaltet ist und keine Spannung an die numerische Steuerung 2 geliefert wird. Der nicht-flüchtige Speicher 205 speichert beispielsweise das Bearbeitungsprogramm und verschiedene Parameter. Der nicht-flüchtige Speicher 205 hat ein computerlesbares Speichermedium. Der nicht-flüchtige Speicher 205 enthält beispielsweise einen SSD-Speicher.

[0018] Die numerische Steuerung 2 enthält weiterhin eine Schnittstelle 206, eine Achsensteuerschaltung 207, eine Spindelsteuerschaltung 208, eine programmierbare logische Steuerung (PLC) 209 und eine Eingabe-/Ausgabeeinheit (I/O) 210.

[0019] Die Schnittstelle 206 verbindet den Bus 202 mit der Eingabe-/Ausgabeeinrichtung 3. Die Schnittstelle 206 überträgt beispielsweise verschiedene Daten, die durch den Prozessor 201 verarbeitet sind, zur Eingabe-/Ausgabeeinrichtung 3.

[0020] Die Eingabe-/Ausgabeeinrichtung 3 empfängt verschiedene Daten über die Schnittstelle 206 und zeigt die Daten an. Zusätzlich empfängt die Eingabe-/Ausgabeeinrichtung 3 verschiedene Daten und überträgt diese über die Schnittstelle 206 zum Prozessor 201. Die Eingabe-/Ausgabeeinrichtung 3 ist beispielsweise ein Bildschirm-Tastfeld. Ist die Eingabe-/Ausgabeeinrichtung 3 ein Bildschirm-Tastfeld, dann kann es beispielsweise ein kapazitives Tastfeld

sein. Allerdings besteht insoweit keine Einschränkung und es kann sich auch um ein anderes Tastfeld handeln. Die Einga-be-/Ausgabeeinrichtung 3 ist beispielsweise installiert auf einem Betätigungsfeld (nicht dargestellt), in dem die numerische Steuerung 2 untergebracht ist.

[0021] Die Achsensteuerschaltung 207 steuert den Servomotor 5 für die Werkzeugdrehung, den X-Achsenservomotor 6, den Y-Achsenservomotor 7 und den Z-Achsenservomotor 8. Bei Empfang eines Steuerbefehls vom Prozessor 201 gibt die Achsensteuerschaltung 207 verschiedene Befehle an den Servoverstärker 4 zum Antrieb des Servomotors 5 für die Werkzeugdrehung, den X-Achsenservomotor 6, den Y-Achsenservomotor 7 und den Z-Achsenservomotor 8. Beispielsweise überträgt die Achsensteuerschaltung 207 an den Servoverstärker 4 einen Drehmomentbefehl zum Steuern des Drehmomentes des Servomotors 5 für die Werkzeugdrehung, den X-Achsenservomotor 6, den Y-Achsenservomotor und den Z-Achsenservomotor 8.

[0022] Bei Empfang eines Befehls von der Achsensteuerschaltung 207 liefert der Servoverstärker 4 einen Strom an den Servomotor 5 für die Werkzeugdrehung, den X-Achsenservomotor 6, den Y-Achsenservomotor 7 und den Z-Achsenservomotor 8.

[0023] Der Servomotor 5 für die Werkzeugdrehung wird angetrieben entsprechend dem Strom, der vom Servoverstärker 4 geliefert wird. Der Servomotor 5 für die Werkzeugdrehung ist beispielsweise verbunden mit einer Welle des drehenden Werkzeuges, welches auf einer Werkzeughalterung montiert ist. Der Servomotor 5 für die Werkzeugdrehung wird angetrieben zur Drehung des drehenden Werkzeuges. Das drehende Werkzeug ist beispielsweise ein Polygon-Schneider.

[0024] Der X-Achsenservomotor 6 wird durch den vom Servoverstärker 4 gelieferten Strom angetrieben. Der X-Achsenservomotor 6 ist beispielsweise an eine Kugelgewindespindel angeschlossen, welche einen Werkzeugträger antreibt. Wird der X-Achsenservomotor 6 betätigt, bewegt sich eine Einrichtung der Werkzeugmaschine 1, wie der Werkzeugträger, in Richtung der X-Achse. Der X-Achsenservomotor 6 kann einen Geschwindigkeitsdetektor (nicht dargestellt) aufweisen, welcher die Vorschubrate entlang der X-Achse detektiert.

[0025] Der Y-Achsenservomotor 7 wird durch den vom Servoverstärker 4 gelieferten Strom angetrieben. Der Y-Achsenservomotor 7 ist beispielsweise mit einer Kugelgewindespindel verbunden, welche einen Werkzeugträger antreibt. Arbeitet der Y-Achsenservomotor 7, dann bewegt sich ein Element der Werkzeugmaschine 1, wie der Werkzeugträger, in Richtung der Y-Achse. Der Y-Achsenservomotor 7 kann einen Geschwindigkeitsdetektor (nicht dargestellt) aufweisen, welcher eine Vorschubrate in Richtung der Y-Achse detektiert.

[0026] Der Z-Achsenservomotor 8 wird durch den vom Servoverstärker 4 gelieferten Strom angetrieben. Der Z-Achsenservomotor 8 ist beispielsweise mit einer Kugelgewindespindel verbunden, welche einen Werkzeugträger antreibt. Wird der Z-Achsenservomotor 8 angetrieben, dann bewegt sich ein Element der Werkzeugmaschine 1, wie der Werkzeugträger, in Richtung der Z-Achse. Der Z-Achsenservomotor 8 kann einen Geschwindigkeitsdetektor (nicht dargestellt) aufweisen, welcher die Vorschubrate in Richtung der Z-Achse detektiert.

[0027] Die Spindelsteuerschaltung 208 steuert den Spindelmotor 10. Bei Empfang eines Steuerbefehls vom Prozessor 201 gibt die Spindelsteuerschaltung 208 einen Befehl zum Antrieb des Spindelmotors 10 an den Spindelverstärker 9. Die Spindelsteuerschaltung 208 überträgt beispielsweise einen Drehmomentbefehl zum Steuern des Drehmomentes des Spindelmotors 10 an den Spindelverstärker 9.

[0028] Bei Empfang eines Befehls von der Spindelsteuerschaltung 208 liefert der Spindelverstärker 9 einen Strom an den Spindelmotor 10.

[0029] Der Spindelmotor 10 wird durch den Strom angetrieben, der vom Spindelverstärker 9 geliefert wird. Der Spindelmotor 10 ist mit der Spindel verbunden und dreht diese. Der Spindelmotor 10 hat einen Winkeldetektor (nicht dargestellt), welcher einen Drehwinkel der Spindel detektiert.

[0030] Die PLC 209 führt ein Leiterprogramm aus zum Steuern der Hilfseinrichtung 11. Die PLC 209 überträgt einen Befehl an die Hilfseinrichtung 11 über die I/O-Einheit 210.

[0031] Die I/O-Einheit 210 ist eine Schnittstelle zum Verbinden der PLC 209 und der Hilfseinrichtung 11. Die I/O-Einheit 210 überträgt den von der PLC 209 erhaltenen Befehl an die Hilfseinrichtung 11.

[0032] Die Hilfseinrichtung 11 ist in der Werkzeugmaschine 1 installiert und eingerichtet zum Ausführen von Hilfsoperationen in der Werkzeugmaschine 1. Die Hilfseinrichtung 11 arbeitet auf Basis des über die I/O-Einheit 210 empfangenen Befehls. Die Hilfseinrichtung 11 kann auch im Bereich der Werkzeugmaschine 1 installiert sein. Beispielsweise ist die Hilfseinrichtung 11 ein Werkzeugwechsler, eine Injektionseinrichtung für Schneidflüssigkeit oder eine Einrichtung zum Öffnen/Schließen einer Tür.

[0033] Nunmehr wird die Funktion der numerischen Steuerung 2 erläutert. Die numerische Steuerung 2 führt eine Polygon-Bearbeitung aus durch Steuerung

des Servomotors für die Werkzeugdrehung, des X-Achsenservomotors 6, des Y-Achsenservomotors 7, des Z-Achsenservomotors 8 und des Spindelmotors 10. Die Polygon-Bearbeitung formt eine Querschnittsform des Werkstückes in ein Polygon. Im vorliegenden Fall steht der Querschnitt senkrecht zur Drehachse des Werkstückes. Insbesondere führt die numerische Steuerung 2 eine Bearbeitung aus zur Formung eines Polygons an einer Stelle, die exzentrisch ist in Bezug auf die Drehachse des Werkstückes.

[0034] **Fig.** 2 zeigt ein Beispiel für ein Polygon, welches an einer Stelle geformt wird, die exzentrisch ist in Bezug auf die Drehachse des Werkstückes. Eine Drehachse Rw des Werkstückes ist das Drehzentrum für das Werkstück. Das heißt: eine Mittelachse Cp des Polygons ist an einer Stelle angeordnet, die verschoben ist in Bezug auf die Drehachse des Werkstückes. Mit anderen Worten: die Mittelachse befindet sich an einer Position, die verschieden ist von der Position der Drehachse Rw des Werkstückes.

[0035] Bei dem in **Fig.** 2 gezeigten Beispiel fallen eine Mittelachse Cw des Werkstückes und die Drehachse Rw des Werkstückes zusammen, jedoch müssen die Mittelachse Cw und die Drehachse Rw nicht notwendig zusammenfallen. Wird beispielsweise gemäß **Fig.** 3 das Werkstück W durch eine exzentrische Einspanneinrichtung an einer Stelle eingespannt, die exzentrisch liegt in Bezug auf die Drehachse Rw des Werkstückes, dann fällt die Mittelachse Cw des Werkstückes nicht mit der Drehachse Rw des Werkstückes zusammen.

[0036] Die numerische Steuerung 2 dreht sowohl das Werkstück W als auch das drehende Werkzeug mit einem konstanten Verhältnis der Rotationsgeschwindigkeiten unter Beibehaltung der Relativposition zwischen der Mittelachse Cp des Polygons und der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges, d.h. die Relativposition der beiden genannten Größen bleibt konstant. Auf diese Weise wird auf der Oberfläche des Werkstückes W ein Polygon durch Bearbeitung erzeugt. Ist beispielsweise das Verhältnis der Rotationsgeschwindigkeiten von Werkstück W und drehendem Werkzeug 1 : 2, dann ist der relative Pfad der Schneidkante des drehenden Werkzeuges in Bezug auf das Werkstück W durch die nachfolgende Gleichung ausgedrückt.

$$x_n = l \times \cos(\omega t) + r \times \cos(\omega t + 2\pi \times n / N)$$
$$y_n = l \times \sin(\omega t) + r \times \sin(\omega t + 2\pi \times n / N)$$

[Mathematische Gleichung 1]

[0037] Hier sind Xn und Yn die Pfade der Schneidkante in einem orthogonalen Koordinatensystem mit einer Mittelachse Cp des Polygons als Ursprung, ω ist die Rotationsgeschwindigkeit des Werkstückes W, l ist der Abstand zwischen der Mittelachse Cp des Polygons und der Drehachse des drehenden Werkzeuges, r ist der Radius des drehenden Werkzeuges, N ist die Anzahl der Schneiden des drehenden Werkzeuges und n (= 1 bis N) ist die Nummer der Schneidkante. Jeder Schneidkante wird eine Nummer gegeben, von 1 aufsteigend, zur Identifizierung einer jeden Schneidkante des drehenden Werkzeuges T.

[0038] **Fig.** 4 erläutert einen Pfad einer Schneidkante eines drehenden Werkzeuges in Bezug auf das Werkstück W, wenn das Verhältnis der Rotationsgeschwindigkeiten zwischen Werkstück W und drehendem Werkzeug 1 : 2 ist und eine Bearbeitung zur Erzeugung eines Polygons ausgeführt wird unter Verwendung eines drehenden Werkzeuges mit zwei Schneiden. Bei diesem Beispiel macht das drehende Werkzeug T zwei Drehungen, während das Werkstück W eine Drehung ausführt. Der Pfad einer jeden Schneide des drehenden Werkzeuges T beschreibt eine Ellipse und die Hauptachsen der jeweiligen Ellipsen sind zueinander senkrecht. Deshalb wird auf dem Werkstück W gemäß **Fig.** 4 ein Polygon P ausgeformt mit vier Flächen.

[0039] **Fig.** 5 zeigt den Pfad der Schneidkante eines drehenden Werkzeuges T in Bezug auf das Werkstück W, wenn das Verhältnis der Rotationsgeschwindigkeiten zwischen Werkstück W und drehendem Werkzeug T 1 : 2 ist und eine Bearbeitung zur Erzeugung eines Polygons ausgeführt wird mit einem drehenden Werkzeug T, welches drei Schneiden aufweist. Bei diesem Beispiel führt das drehende Werkzeug T zwei Drehungen aus, während das Werkstück W eine Drehung ausführt. Der Pfad einer jeden Schneide des drehenden Werkzeuges T beschreibt eine Ellipse und die Hauptachsen der jeweiligen Ellipsen schneiden einander unter einem Winkel von 120°. Deshalb wird entsprechend **Fig.** 5 ein Polygon P auf dem Werkstück W ausgeformt mit sechs Flächen. Die hier vorgenommene Beschreibung betrifft eine Bearbeitung mit einem Drehgeschwindigkeitsverhältnis zwischen Werkstück W und drehendem Werkzeug T von 1 : 2, jedoch wird ein Polygon immer ausgeformt, solange das Produkt aus dem Verhältnis der Rotationsgeschwindigkeit des drehenden Werkzeuges T zur Rotationsgeschwindigkeit des Werkstückes W und der Anzahl der Schneiden eine ganze Zahl ist, drei oder größer.

[0040] **Fig.** 6 ist ein Blockdiagramm zur Erläuterung eines Beispiels für die Funktionen der numerischen Steuerung 2. Die numerische Steuerung 2 hat eine erste Steuereinheit 21, eine zweite Steuereinheit 22 und eine dritte Steuereinheit 23. Die erste Steuereinheit 21, die zweite Steuereinheit 22 und die dritte Steuereinheit 23 sind beispielsweise dadurch implementiert, dass der Prozessor 201 eine arithmetische

Verarbeitung ausführt unter Verwendung des im ROM 203 abgelegte Systemprogramms sowie des Bearbeitungsprogramms und verschiedener Daten, die im nicht-flüchtigen Speicher 205 abgelegt sind.

[0041] Die erste Steuereinheit 21 steuert den Spindelmotor 10 zum Bewegen der Mittelachse Cp des Polygons in die Anfangsposition, bevor die Bearbeitung zur Gewinnung eines Polygons beginnt. Vor der Bearbeitung zur Gewinnung des Polygons P steuert die zweite Steuereinheit 22 den Servomotor 5 für die Werkzeugdrehung zur Bewegung der Schneide des drehenden Werkzeuges T in die Anfangsposition. Mit anderen Worten: die zweite Steuereinheit 22 stellt die Phase des drehenden Werkzeuges T in die Anfangsphase. Die dritte Steuereinheit 23 steuert den X-Achsenservomotor 6 und/oder den Y-Achsenservomotor 7 (in **Fig.** 6 nicht dargestellt) zum Bewegen der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges in die Anfangsposition derart, dass eine Positionsbeziehung zwischen der Mittelachse Cp des Polygons und der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges eine vorgegebene Positionsbeziehung einnimmt. Sowohl die Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges als auch die Drehachse Rw des Werkstückes können durch den Spindelmotor 10 angetrieben oder durch einen Servomotor angetrieben sein.

[0042] Nachfolgend werden ein Zustand, in dem die Mittelachse Cp des Polygons sich in der Anfangsposition (Ausgangszustand) befindet, ein Zustand, in dem die Phase des drehenden Werkzeuges T sich in der Anfangsphase befindet, und ein Zustand, in dem die Positionsbeziehung zwischen der Mittelachse Cp des Polygons und der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges eine vorgegebene Positionsbeziehung beim Start der Bearbeitung zur Gewinnung des Polygons P einnehmen, als Anfangszustände bezeichnet.

[0043] **Fig.** 7 zeigt einen Anfangszustand. Nachfolgend wird der Anfangszustand näher beschrieben unter Verwendung eines zweidimensionalen orthogonalen Koordinatensystems, in dem die Drehachse Rw des Werkstückes im Ursprung liegt, die Richtung nach rechts als die positive Richtung der X-Achse gilt und in dem die Richtung nach oben als die positive Richtung der Y-Achse gilt.

[0044] Die Anfangsposition der Mittelachse Cp des Polygons ist beispielsweise eine Position, an der die X-Koordinate 0 und die Y-Koordinate k ist. Hier ist k der Abstand zwischen der Drehachse Rw des Werkstückes und der Mittelachse Cp des Polygons. Die Anfangsphase des drehenden Werkzeuges T ist beispielsweise eine Phase, in welcher eine der Schneiden in Richtung der Mittelachse Cp des Polygons ausgerichtet ist. Weiterhin ist die Position, in welcher die Mittelachse Cp des Polygons und die Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges eine vorgegebene Positionsbeziehung einnehmen, beispielsweise eine Stellung, in welcher die X-Koordinate der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges bei 0 liegt und die Y-Koordinate bei k + 1 liegt. Mit anderen Worten: die Position, in welcher die Mittelachse Cp des Polygons und die Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges eine vorgegebene Positionsbeziehung einnehmen, ist eine Position, in welcher die Anfangsposition der Mittelachse Cp des Polygons auf einem Liniensegment liegt, welches die Anfangsposition der Drehachse Rw des Werkstückes mit der Anfangsposition der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges verbindet. Anzumerken ist, dass l ein Wert ist, der gewonnen wird durch Multiplikation eines Wertes mit 1/2, wobei letzterer Wert seinerseits gewonnen wird durch Addition des Durchmessers 2r des drehenden Werkzeuges T und eines Abstandes a eines Oberflächenpaares des Polygons P.

[0045] Sind die Mittelachse Cp des Polygons, die Phase des drehenden Werkzeuges T und die Positionsbeziehung zwischen der Mittelachse Cp des Polygons und der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges im Anfangszustand, dreht beispielsweise die erste Steuereinheit 21 das Werkstück W um die Drehachse Rw des Werkstückes durch Steuerung des Spindelmotors 10. Die Drehachse Rw des Werkstückes ist beispielsweise eine Mittelachse der Spindel. Die Drehachse Rw des Werkstückes kann die Mittelachse einer Welle sein, die auf einem Drehtisch montiert ist.

[0046] Dreht beispielsweise die erste Steuereinheit 21 die Spindel in einen Zustand, in welchem das Werkstück W durch ein Spannfutter gehalten ist, welches mit der Spindel verbunden ist, dann dreht die erste Steuereinheit 21 das Werkstück W um die Drehachse Rw des Werkstückes.

[0047] Die zweite Steuereinheit 22 dreht das drehende Werkzeug T um die Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges parallel zur Drehachse Rw des Werkstückes mit einer Drehgeschwindigkeit gemäß einem konstanten Verhältnis in Bezug auf die Drehgeschwindigkeit des Werkstückes W.

[0048] Beispielsweise dreht die zweite Steuereinheit 22 das drehende Werkzeug T mit einer Geschwindigkeit, die doppelt so groß ist wie die Drehgeschwindigkeit des Werkstückes W. Das heißt: die zweite Steuereinheit 22 dreht das drehende Werkzeug T so, dass das Drehgeschwindigkeitsverhältnis zwischen dem Werkstück W und dem drehenden Werkzeug T bei 1 : 2 liegt. Beim vorliegenden Fall verwendet das drehende Werkzeug T beispielsweise zwei Schneiden, die jeweils angeordnet sind an verschiedenen Positionen und voneinander getrennt sind durch einen Winkel von 180° um die Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges T. Andererseits ist es auch möglich, ein drehendes Werkzeug T einzuset-

zen mit drei Schneiden, die jeweils an verschiedenen Positionen angeordnet sind und voneinander getrennt sind durch Winkel von 120° um die Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges T.

[0049] Das Drehgeschwindigkeitsverhältnis von Werkstück W und drehendem Werkzeug T und die Anzahl der Schneiden des drehenden Werkzeuges T sind nicht auf die obigen Beispiele eingeschränkt. Das Drehgeschwindigkeitsverhältnis von Werkstück W und drehendem Werkzeug T und die Anzahl der Schneiden des drehenden Werkzeuges sind bestimmt in Abhängigkeit von der Form des Polygons P, welches zu formen ist.

[0050] Die dritte Steuereinheit 23 steuert die Relativposition zwischen der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges und der Mittelachse Cp des Polygons so, dass die Positionsbeziehung zwischen der Mittelachse Cp des Polygons, welche parallel verläuft zur Drehachse Rw des Werkstückes und welche durch eine vorgegebene Stelle des Werkstückes W geht, und der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges konstant gehalten ist.

[0051] Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Position der Drehachse Rw des Werkstückes fest. Deshalb steuert die dritte Steuereinheit 23 die Relativposition zwischen der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges und der Mittelachse Cp des Polygons durch Steuerung der Position der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges. Es kann aber auch die Position der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges fixiert sein und die Position der Drehachse Rw des Werkstückes kann bewegbar sein. In diesem Falle steuert die dritte Steuereinheit 23 die Positionsbeziehung zwischen der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges und der Mittelachse Cp des Polygons durch Steuerung der Position der Drehachse Rw des Werkstückes.

[0052] **Fig.** 8 erläutert eine Positionsbeziehung zwischen der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges und der Mittelachse Cp des Polygons. Beim in **Fig.** 8 gezeigten Beispiel sind die X-Koordinate der Mittelachse Cp des Polygons und die X-Koordinate der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges immer gleich. Die Y-Koordinate der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges ist immer ein Wert, der gewonnen wird durch Addition von l zur Y-Koordinate der Mittelachse Cp des Polygons. Das heißt: wenn der Pfad, entlang dem sich die Mittelachse Cp des Polygons bewegt, definiert ist durch (Xt, Yt), dann wird der Pfad, entlang dem sich die Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges bewegt, ausgedrückt durch (Xt, Yt + l). Die Mittelkoordinaten der Pfades, entlang dem sich die Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges bewegt, sind (0, l).

[0053] Die dritte Steuereinheit 23 steuert die Relativposition zwischen der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges und der Mittelachse Cp des Polygons so, dass die Positionsbeziehung zwischen der Mittelachse Cp des Polygons und der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges konstant gehalten ist, wobei die Bearbeitung zum Gewinnen des Polygons P ausgeführt wird. Das Polygon P wird um die Mittelachse Cp des Polygons bearbeitet, wobei letztere durch eine vorgegebene Stelle geht, die entfernt ist von der Drehachse Rw des Werkstückes um die Distanz k. Die Mittelachse Cp des Polygons bewegt sich auf dem Umfang eines Kreises A1, welcher einen Radius k hat, mit der Drehachse Rw des Werkstückes als Mittelpunkt bei Drehung des Werkstückes W. Die dritte Steuereinheit 23 bewegt die Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges auf dem Umfang eines Kreises A2 mit einem Radius k so, dass die Relativposition zwischen der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges und der Mittelachse Cp des Polygons konstant ist.

[0054] Die dritte Steuereinheit 23 kann die Position der Mittelachse Cp des Polygons in Bezug auf die Position der Drehachse Rw des Werkstückes identifizieren auf Basis des Drehwinkels θ der Drehachse Rw des Werkstückes und einer Distanz zwischen der Drehachse Rw des Werkstückes und der Mittelachse Cp des Polygons. Der Drehwinkel θ der Drehachse Rw des Werkstückes ist der Winkel zwischen einem Abschnitt, der einen positiven Wert auf der X-Achse angibt, und einem Liniensegment, welches die Drehachse Rw des Werkstückes und den Ursprung in einem orthogonalen Koordinatensystem mit der Drehachse Rw des Werkstückes als Ursprung angibt.

[0055] Die dritte Steuereinheit 23 berechnet den Drehwinkel θ der Drehachse Rw des Werkstückes auf Basis von beispielsweise Daten, die durch einen Winkeldetektor detektiert sind, welcher im Spindelmotor 10 installiert ist. Weiterhin liest die Steuereinheit 23 beispielsweise aus dem Bearbeitungsprogramm einen Wert aus, welcher die Distanz angibt zwischen der Drehachse Rw des Werkstückes und der Mittelachse Cp des Polygons. Dementsprechend ermittelt die dritte Steuereinheit 23 die Position der Mittelachse Cp des Polygons in Bezug auf die Position der Drehachse Rw des Werkstückes. Die dritte Steuereinheit 23 kann die Relativposition zwischen der Mittelachse Cp des Polygons und der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges steuern unter Verwendung eines Rückkoppelungswertes bezüglich des Drehwinkels θ der Drehachse Rw des Werkstückes.

[0056] Bei Beginn der Bearbeitung zum Gewinnen des Polygons P kann die dritte Steuereinheit 23 bewirken, dass die Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges nahe liegt an der Mittelachse Cp des

Polygons durch Einstellung des Schneidvorschubes bis die Positionsbeziehung zwischen der Mittelachse Cp des Polygons und der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges die Positionsbeziehung erreicht im Anfangszustand.

[0057] Andererseits kann bei Bewegung der Position der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges in die Anfangsposition die dritte Steuereinheit 23 das drehende Werkzeug T beispielsweise in eine Position bewegen, die getrennt ist von einem Ende des Werkstückes W gemäß einem vorgegebenen Abstand in Richtung der Z-Achse derart, dass das drehende Werkzeug T nicht in Kontakt kommt mit einem Teil des Werkstückes W. In diesem Fall bewegt sich das drehende Werkzeug T in Richtung der Z-Achse zur Bearbeitung des Polygons P.

[0058] Nunmehr wird mit Blick auf **Fig.** 9 der Ablauf des Prozesses beim Bearbeiten zum Gewinnen eines Polygons näher beschrieben.

[0059] Fig. 9 erläutert ein Beispiel für den Ablauf des Prozesses bei Ausführung einer Bearbeitung zum Gewinnen eines Polygons durch die numerische Steuerung 2.

[0060] Zunächst bewegt die erste Steuereinheit 21 die Mittelachse Cp des Polygons in eine vorgegebene Anfangsposition (Schritt S1).

[0061] Sodann stellt die zweite Steuereinheit 22 die Phase des drehenden Werkzeuges T auf eine vorgegebene Anfangsphase ein (Schritt S2).

[0062] Sodann bewegt die dritte Steuereinheit 23 die Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges in die Ausgangsposition auf Basis der Position der Mittelachse Cp des Polygons in Bezug auf die Position der Drehachse Rw des Werkstückes (Schritt S3).

[0063] Sodann wird die Bearbeitung zum Gewinnen eines Polygons ausgeführt (Schritt S4) und bei Abschluss der Polygon-Bearbeitung ist der Prozess beendet. Bei der Polygon-Bearbeitung dreht die erste Steuereinheit 21 das Werkstück W und die zweite Steuereinheit 22 dreht das drehende Werkzeug T. Die erste Steuereinheit 21 und die zweite Steuereinheit 22 drehen jeweils das Werkstück W bzw. das drehende Werkzeug T derart, dass die Rotationsgeschwindigkeit von Werkstück W und die Rotationsgeschwindigkeit des drehenden Werkzeuges T in konstantem Verhältnis stehen.

[0064] Weiterhin steuert die dritte Steuereinheit 23 die Position der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges so, dass die Relativposition zwischen der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges und der Mittelachse Cp des Polygons konstant bleibt. Weiterhin wird das drehende Werkzeug T bewegt durch Schneidvorschub in beispielsweise negativer Richtung oder positiver Richtung der Z-Achse. Im Ergebnis wird ein Polygon P geformt mit einer Oberfläche, die sich in horizontaler Richtung erstreckt in einem Zustand, in dem das Werkstück W in der Anfangsposition angeordnet ist.

[0065] Wie oben beschrieben, hat die numerische Steuerung 2 die erste Steuereinheit 21, welche das Werkstück W um die Drehachse Rw des Werkstückes dreht, die zweite Steuereinheit 22, welche das drehende Werkzeug T um die Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges dreht, parallel zur Drehachse Rw des Werkstückes, mit einer Drehgeschwindigkeit gemäß einem konstanten Verhältnis in Bezug auf die Drehgeschwindigkeit des Werkstückes W, und eine dritte Steuereinheit 23, welche eine Relativposition zwischen der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges und der Mittelachse Cp des Polygons so steuert, dass eine Positionsbeziehung zwischen der Mittelachse Cp des Polygons parallel zur Drehachse Rw des Werkstückes und durchgehend durch eine vorgegebene Stelle des Werkstückes W, und der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges konstant gehalten ist. Deshalb kann die numerische Steuerung 2 das Polygon P in kurzer Zeit erzeugen, und zwar an einer Stelle, die exzentrisch ist in Bezug auf die Drehachse des Werkstückes W.

[0066] Weiterhin ermittelt die dritte Steuereinheit 23 die Position der Mittelachse Cp des Polygons in Bezug auf die Position der Drehachse Rw des Werkstückes auf Basis des Drehwinkels θ der Drehachse Rw des Werkstückes und der Distanz zwischen der Drehachse Rw des Werkstückes und der Mittelachse Cp des Polygons, und sie bestimmt weiterhin die Anfangsposition der Drehachse Rt des drehenden Werkstückes derart, dass die Anfangsposition der Mittelachse Cp des Polygons angeordnet ist auf einem Liniensegment, welches die Anfangsposition der Drehachse Rw des Werkstückes mit der Anfangsposition der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges verbindet. Weiterhin verwendet die dritte Steuereinheit 23 den Rückkoppelungswert des Drehwinkels θ der Drehachse Rw des Werkstückes zum Steuern der Relativposition zwischen der Mittelachse Cp des Polygons und der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges. Damit kann die dritte Steuereinheit 23 in genauer Weise die Relativposition zwischen der Mittelachse Cp des Polygons und der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges steuern. Im Ergebnis kann die numerische Steuerung 2 mit hoher Genauigkeit das Polygon P erzeugen.

[0067] Beim oben beschriebenen Ausführungsbeispiel ist die Position der Drehachse Rw des Werkstückes fixiert. Damit steuert die dritte Steuereinheit 23 die Relativposition zwischen Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges und Mittelachse Cp des Poly-

gons durch Steuerung der Position der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges. Es kann aber auch die Position der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges fixiert sein und die Position der Drehachse Rw des Werkstückes kann bewegbar sein. In diesem Fall steuert die dritte Steuereinheit 23 die Relativposition zwischen der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges und der Mittelachse Cp des Polygons durch Steuerung der Position der Drehachse Rw des Werkstückes. Weiterhin bestimmt die dritte Steuereinheit 23 die Anfangsposition der Drehachse Rw des Werkstückes so, dass die Anfangsposition der Mittelachse Cp des Polygons angeordnet ist auf einem Liniensegment, welches die Anfangsposition der Drehachse Rw des Werkstückes mit der Position der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges verbindet.

[0068] Zum Bewegen der Drehachse Rw des Werkstückes können der X-Achsenservomotor 6 und der Y-Achsenservomotor 7 einen Spindelstock frei in der X-Y-Ebene bewegen.

[0069] Auch kann die dritte Steuereinheit 23 sowohl die Position der Drehachse Rw des Werkstückes als auch die Position der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges so steuern, dass die Relativposition zwischen der Mittelachse Cp des Polygons und die Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges konstant gehalten ist.

[0070] Auch kann die numerische Steuerung 2 eine Einstelleinheit aufweisen, welche eine Phase des Polygons P, welches um die Mittelachse Cp des Polygons geformt ist, einstellt, und die dritte Steuereinheit 23 kann auf Basis der eingestellten Phase aufgrund der Einstelleinheit die Relativposition zwischen der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges und der Mittelachse Cp des Polygons bestimmen.

[0071] Fig. 10A zeigt ein Beispiel einer Phase des Polygons P. Wenn die Einstelleinheit die Phase auf 0° einstellt und das Polygon P mit dem drehenden Werkzeug T, welches zwei Schneiden aufweist, durch Bearbeitung hergestellt wird, dann wird das Polygon P gemäß **Fig.** 10A geformt. Das heißt, das quadratische Polygon P hat Oberflächen horizontal und vertikal und es wird in einem Zustand geformt, in dem die Mittelachse Cp des Polygons auf der Y-Achse angeordnet ist.

[0072] Stellt die Einstelleinheit die Phase auf 45° ein und wird das Polygon P durch ein rotierendes Werkzeug T mit zwei Schneiden durch Bearbeitung hergestellt, dann wird ein Polygon P, wie es in **Fig.** 10B dargestellt ist, geformt. Das heißt, das quadratische Polygon P hat Oberflächen, die um 45° bzw. 135° geneigt sind mit Bezug auf die horizontale Ebene, und wird in einem Zustand gebildet, in dem die Mittelachse Cp des Polygons auf der Y-Achse angeordnet ist. Angemerkt sei, dass die Phase, die durch die Einstelleinheit eingestellt wird, nicht auf diese Werte beschränkt ist, sondern einen jeglichen Wert annehmen kann.

[0073] Fig. 11A erläutert ein Beispiel für die Phase des Polygons P. Wenn die Einstelleinheit die Phase auf 0° einstellt und das Polygon P mit dem drehenden Werkzeug T, welches drei Schneiden aufweist, durch Bearbeitung hergestellt wird, dann wird ein Polygon P gemäß **Fig.** 11A geformt. Das heißt: das hexagonale Polygon P hat horizontale Flächen in einem Zustand, in dem die Mittelachse Cp des Polygons auf der Y-Achse angeordnet ist.

[0074] Wenn die Einstelleinheit die Phase auf 120° einstellt und ein Polygon P mit dem drehenden Werkzeug T, welches drei Schneiden aufweist, durch Bearbeitung hergestellt wird, entsteht das Polygon P gemäß **Fig.** 11B. Das heißt: das hexagonale Polygon P hat Flächen, die um 120° in Bezug auf die horizontale Ebene geneigt sind in einem Zustand, in dem die Mittelachse Cp des Polygons auf der Y-Achse angeordnet ist.

[0075] Fig. 12 erläutert ein Beispiel bezüglich der Funktionen der numerischen Steuerung 2 mit der Einstelleinheit. Denen der numerischen Steuerung 2 nach **Fig.** 6 entsprechende Funktionen werden nicht noch einmal erläutert.

[0076] Eine Einstelleinheit 24 stellt die Phase des Polygons P ein, welches aus dem Werkstück W geformt wird. Beispielsweise ermittelt die Einstelleinheit 24 die Phase des Polygons P auf Basis eines Eingangswertes, der über die Eingabe-/Ausgabeeinrichtung 3 eingegeben ist.

[0077] Die erste Steuereinheit 21 bewegt die Mittelachse Cp des Polygons in eine vorgegebene Anfangsposition, bevor die Bearbeitung zur Erzeugung des Polygons P beginnt. Vor Beginn der Bearbeitung zur Erzeugung des Polygons P ermittelt beispielsweise die zweite Steuereinheit 22 die Anfangsphase des drehenden Werkzeuges T so, dass eine Schneide in Richtung der Mittelachse Cp des Polygons gerichtet ist. Bevor die Bearbeitung zur Erzeugung des Polygons P beginnt, bewegt die dritte Steuereinheit 23 die Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges in die Anfangsposition derart, dass eine Positionsbeziehung zwischen der Mittelachse Cp des Polygons und der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges einen vorgegebenen Wert bezüglich der Positionsbeziehung annimmt.

[0078] Fig. 13 erläutert ein Beispiel bezüglich des Anfangszustandes der Mittelachse Cp des Polygons, der Position der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges und der Phase des drehenden Werkzeuges T. Die Anfangsposition der Mittelachse Cp des Poly-

gons ist beispielsweise eine Position, in welcher die X-Koordinate 0 und die Y-Koordinate k sind.

[0079] Stellt beispielsweise die Einstelleinheit 24 die Phase auf 45° ein, ermittelt die dritte Steuereinheit 23 als Anfangsposition eine Position, die um 45° geneigt ist oberhalb der Position der Mittelachse Cp des Polygons und bei der eine Distanz zwischen der Mittelachse Cp des Polygons und der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges I wird. Dabei ist I ein Wert, der gewonnen wird durch Multiplikation eines Wertes, welcher seinerseits gewonnen wird durch Addieren eines Durchmessers des drehenden Werkzeuges T und einer Distanz zwischen einem Paar der Oberflächen des Polygons P, mit 1/2. Weiterhin bestimmt die zweite Steuereinheit 22 die Anfangsphase des drehenden Werkzeuges T als diejenige Phase, in welcher die Schneidkante einer Schneide um 45° nach unten schräggestellt ist.

[0080] Bei der Bearbeitung zur Erzeugung des Polygons P steuert die dritte Steuereinheit 23 die Position der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges so, dass eine Relativposition zwischen der Mittelachse Cp des Polygons und der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges konstant gehalten ist. Im Ergebnis wird die Bearbeitung bezüglich des Polygons P ausgeführt, welches eine Form aufweist entsprechend der Phase des Polygons P, wie sie durch die Einstelleinheit 24 gesetzt ist.

[0081] Die numerische Steuerung 2 kann die Einstelleinheit 24 aufweisen, welche die Phase des Polygons P, das um die Mittelachse Cp des Polygons geformt wird, einstellt, und die zweite Steuereinheit 22 kann die Anfangsphase des drehenden Werkzeuges T bestimmen auf Basis der mit der Einstelleinheit 24 eingestellten Phase.

[0082] **Fig.** 14 erläutert ein Beispiel für den Anfangszustand der Mittelachse Cp des Polygons, der Position der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges und der Phase des drehenden Werkzeuges T. Die erste Steuereinheit 21 bewegt die Mittelachse Cp des Polygons in eine vorgegebene Anfangsposition, bevor die Bearbeitung zur Erzeugung des Polygons P beginnt. Die Anfangsposition der Mittelachse Cp des Polygons ist beispielsweise eine Position, bei der die X-Koordinate 0 ist und die Y-Koordinate k ist.

[0083] Die dritte Steuereinheit 23 bewegt die Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges in die Anfangsposition, bevor die Bearbeitung zum Gewinnen des Polygons P beginnt. Die Anfangsposition der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges ist beispielsweise eine Position, bei der die X-Koordinate 0 ist und die Y-Koordinate k + I ist.

[0084] Die zweite Steuereinheit 22 dreht das drehende Werkzeug T so, dass das drehende Werkzeug T die Anfangsphase einnimmt, bevor die Bearbeitung zum Gewinnen des Polygons P startet. Die zweite Steuereinheit 22 bestimmt die Anfangsposition einer Schneide des drehenden Werkzeuges T auf Basis eines Wertes, der die Phase des Polygons P angibt, wie sie durch die Einstelleinheit 24 gesetzt ist.

[0085] Wird beispielsweise das Verhältnis der Rotationsgeschwindigkeiten zwischen Werkstück W und drehendem Werkzeug T auf 1 : 2 eingestellt und wird ein drehendes Werkzeug T mit zwei Schneiden verwendet und setzt die Einstelleinheit 24 die Phase auf 45°, dann bestimmt die zweite Steuereinheit 22 die Anfangsposition der Schneide des drehenden Werkzeuges T als diejenige Position, in welcher die schneidende Kante einer Schneide in horizontaler Richtung ausgerichtet ist.

[0086] Während das Polygon P erzeugt wird, steuert die dritte Steuereinheit 23 die Position der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges so, dass eine Relativposition zwischen der Mittelachse Cp des Polygons und der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges konstant gehalten ist. Im Ergebnis erfolgt die Bearbeitung bezüglich eines Polygons P mit einer Form, welche der Phase des Polygons P entspricht, wie sie durch die Einstelleinheit 24 gesetzt ist.

[0087] Beim oben beschriebenen Ausführungsbeispiel bestimmt die numerische Steuerung 2 die Position der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges oder die Anfangsphase des drehenden Werkzeuges T auf Basis eines Wertes, welcher die Phase des Polygons P wiedergibt, wie sie durch die Einstelleinheit 24 gesetzt ist, jedoch kann die Bestimmung auch erfolgen auf Basis sowohl der Position der Drehachse Rt des drehenden Werkzeuges als auch der Anfangsphase des drehenden Werkzeuges T.

[0088] Anzumerken ist, dass die vorliegende Beschreibung nicht auf die oben näher beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt ist, sondern dass Änderungen erfolgen können, ohne vom Gedanken der Erfindung abzuweichen. Im Rahmen der vorliegenden Beschreibung kann jede Komponente der Beispiele abgewandelt werden oder Komponenten der Beispiele können weggelassen werden.

Bezugszeichenliste

1	WERKZEUGMASCHINE
2	NUMERISCHE STEUERUNG
201	PROZESSOR
202	BUS
203	ROM

204	RAM
205	NICHT-FLÜCHTIGER SPEICHER
206	SCHNITTSTELLE
207	ACHSENSTEUERSCHALTUNG
208	SPINDELSTEUERSCHALTUNG
209	PLC
210	I/O-EINHEIT
21	ERSTE STEUEREINHEIT
22	ZWEITE STEUEREINHEIT
23	DRITTE STEUEREINHEIT
24	EINSTELLEINHEIT
3	EINGABE-/AUSGABE-EINRICHTUNG
4	SERVOVERSTÄRKER
5	SERVOMOTOR FÜR WERKZEUGDREHUNG
6	X-ACHSENSERVOMOTOR
7	Y-ACHSENSERVOMOTOR
8	Z-ACHSENSERVOMOTOR
9	SPINDELVERSTÄRKER
10	SPINDELMOTOR
11	HILFSEINRICHTUNG
Cw	MITTELACHSE DES WERKSTÜCKES
Cp	MITTELACHSE DES POLYGONS
Rt	DREHACHSE DES DREHENDEN WERKZEUGES
Rw	DREHACHSE DES WERKSTÜCKES

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 2021043732 A [0003]

Patentansprüche

1. Numerische Steuerung, aufweisend:
eine erste Steuereinheit, die eingerichtet ist zum Drehen eines Werkstückes um eine Drehachse des Werkstückes;
eine zweite Steuereinheit, die eingerichtet ist zum Drehen eines drehenden Werkzeuges um eine Drehachse des drehenden Werkzeuges mit einer Drehgeschwindigkeit gemäß einem konstanten Verhältnis in Bezug auf eine Drehgeschwindigkeit des Werkstückes, wobei die Drehachse des drehenden Werkzeuges parallel ist zur Drehachse des Werkstückes; und
eine dritte Steuereinheit, die eingerichtet ist zum Steuern einer Relativposition zwischen der Drehachse des drehenden Werkzeuges und einer Mittelachse eines Polygons so, dass eine Positionsbeziehung zwischen der Mittelachse des Polygons und der Drehachse des drehenden Werkzeuges konstant gehalten ist, wobei die Mittelachse des Polygons parallel ist zu der Drehachse des Werkstückes und durch eine vorgegebene Stelle des Werkstückes verläuft.

2. Numerische Steuerung gemäß Anspruch 1, wobei die dritte Steuereinheit die Position der Mittelachse des Polygons in Bezug auf die Position der Drehachse des Werkstückes ermittelt auf Basis eines Drehwinkels der Drehachse des Werkstückes und einer Distanz zwischen der Drehachse des Werkstückes und der Mittelachse des Polygons und weiterhin zumindest die Anfangsposition der Drehachse des Werkstückes und die Anfangsposition der Drehachse des drehenden Werkzeuges so bestimmt, dass eine Anfangsposition der Mittelachse des Polygons auf einem Liniensegment angeordnet ist, welches die Anfangsposition der Drehachse des Werkstückes mit der Anfangsposition der Drehachse des drehenden Werkzeuges verbindet.

3. Numerische Steuerung gemäß Anspruch 2, wobei die dritte Steuereinheit die Relativposition zwischen der Mittelachse des Polygons und der Drehachse des drehenden Werkzeuges steuert unter Verwendung eines Rückkoppelungswertes des Drehwinkels der Drehachse des Werkstückes.

4. Numerische Steuerung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, weiterhin aufweisend eine Einstelleinheit, die eingerichtet ist zum Einstellen einer Phase des Polygons, wobei die dritte Steuereinheit auf Basis der mit der Einstelleinheit eingestellten Phase die Relativposition zwischen der Drehachse des drehenden Werkzeuges und der Mittelachse des Polygons bestimmt.

5. Numerische Steuerung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, weiterhin eine Einstelleinheit aufweisend, die eingerichtet ist zum Einstellen einer Phase des Polygons, wobei die zweite Steuereinheit eine Anfangsphase des drehenden Werkzeuges bestimmt auf Basis der Phase, wie sie durch die Einstelleinheit eingestellt ist.

6. Numerische Steuerung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die dritte Steuereinheit bewirkt, dass die Drehachse des Werkstückes und/oder die Drehachse des drehenden Werkstückes mittels des Schneidvorschubs sich einer Position annähern, in welcher die Positionsbeziehung zwischen diesen Größen konstant wird.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

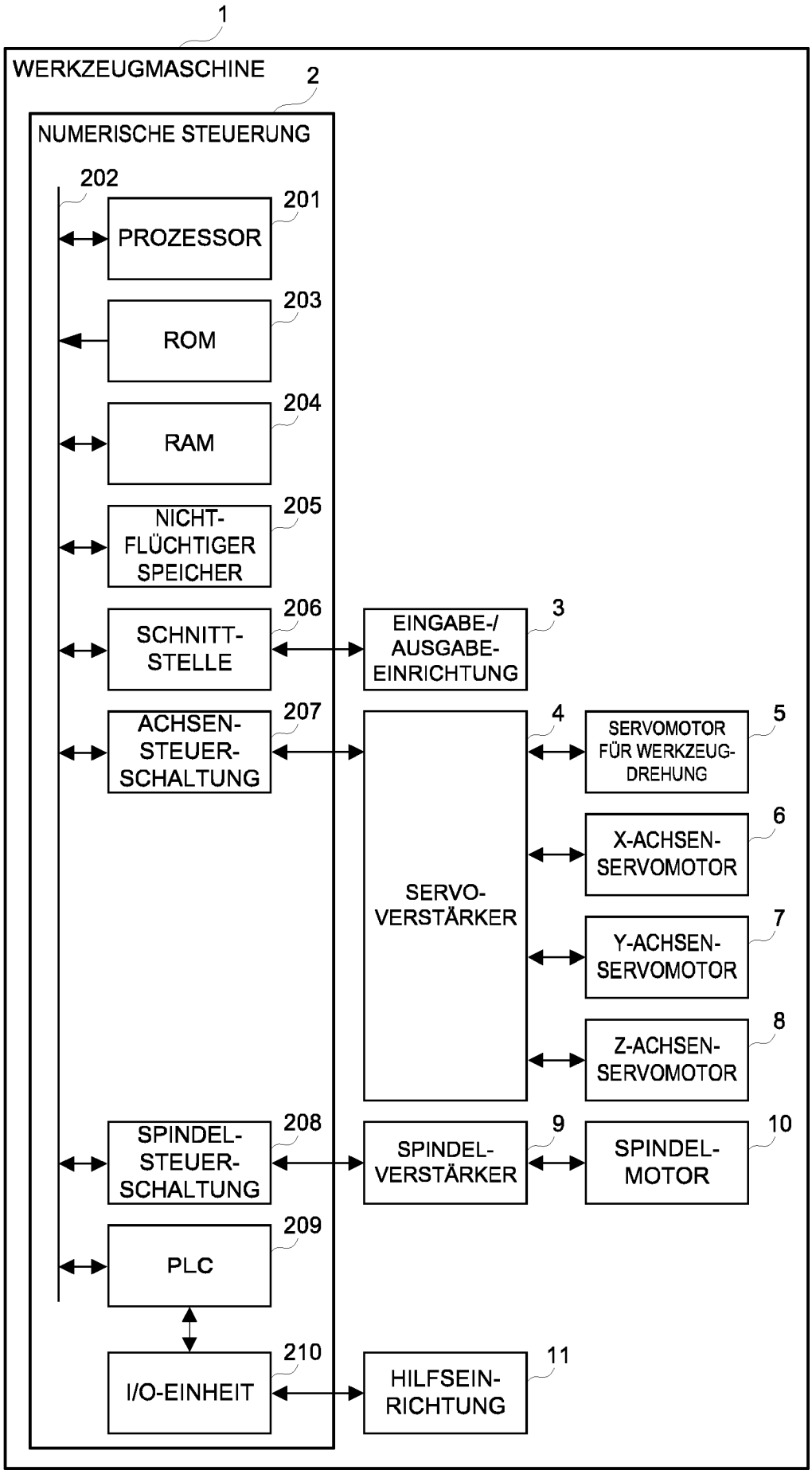


FIG.2

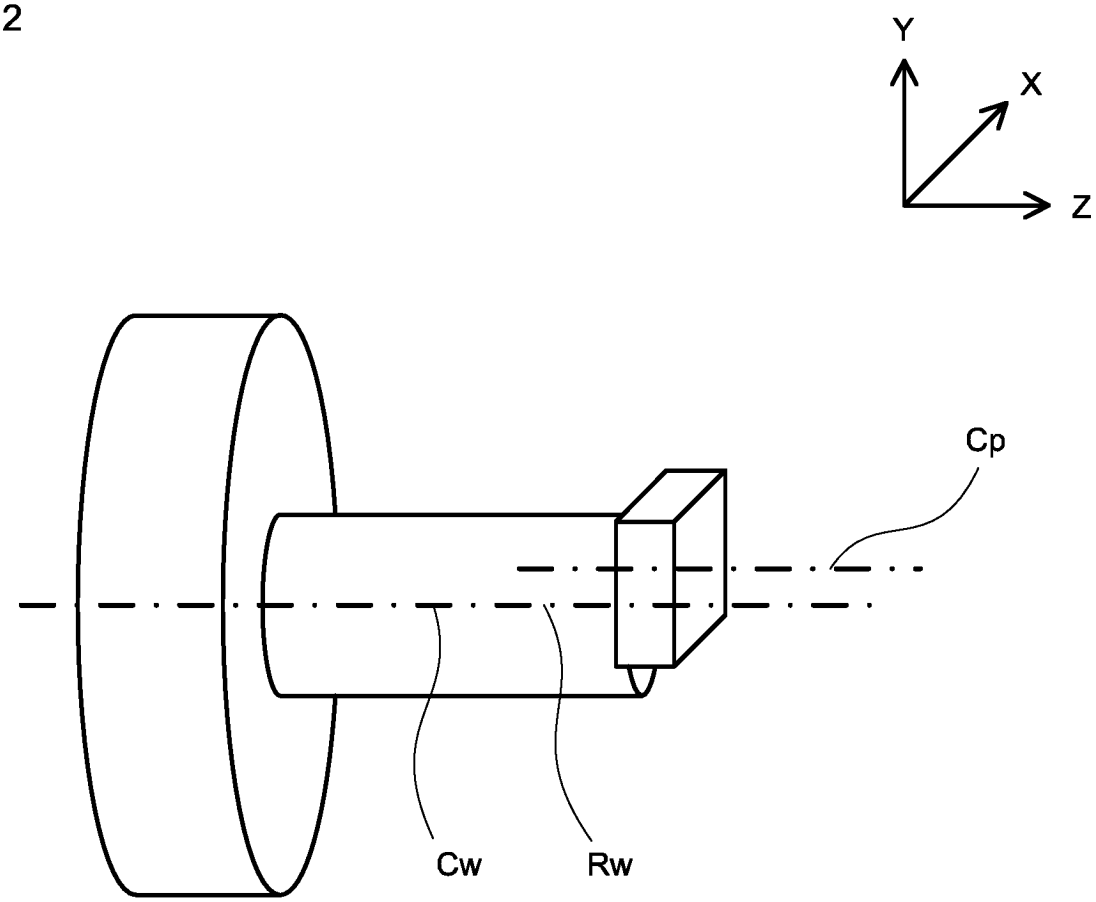


FIG.3

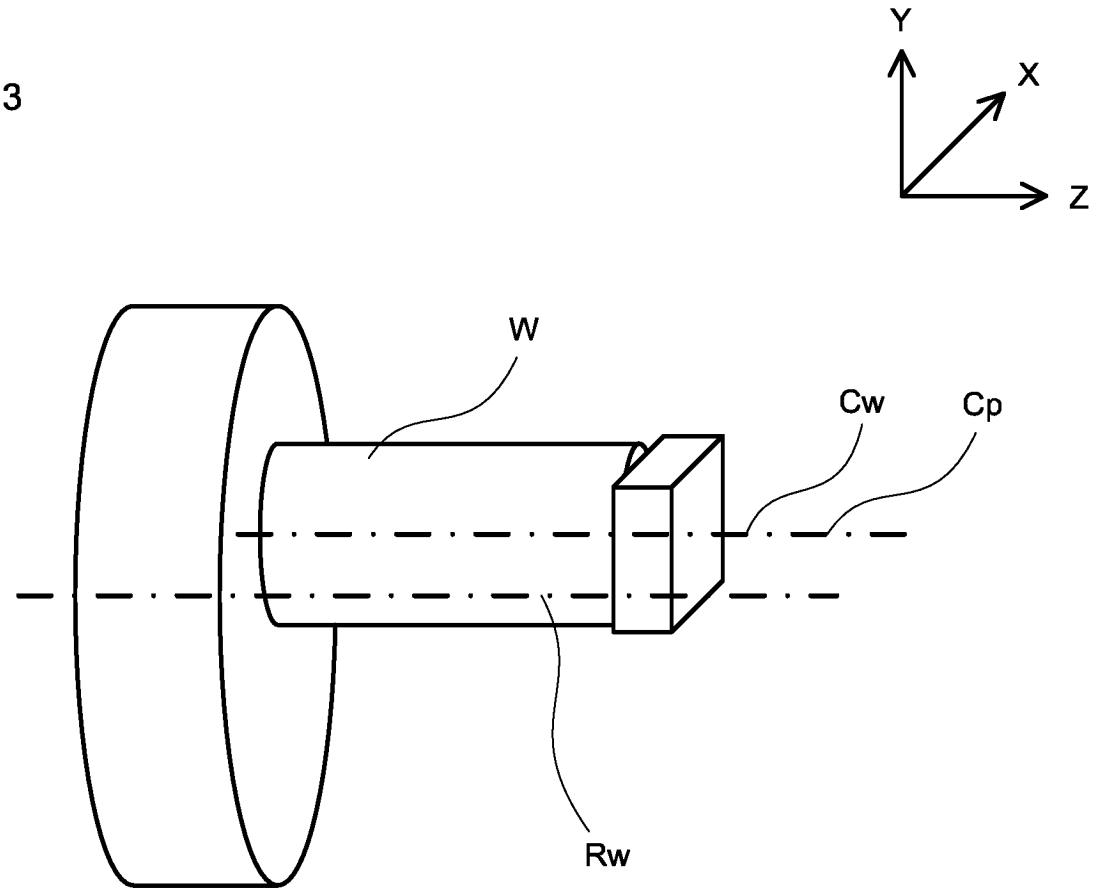


FIG.4

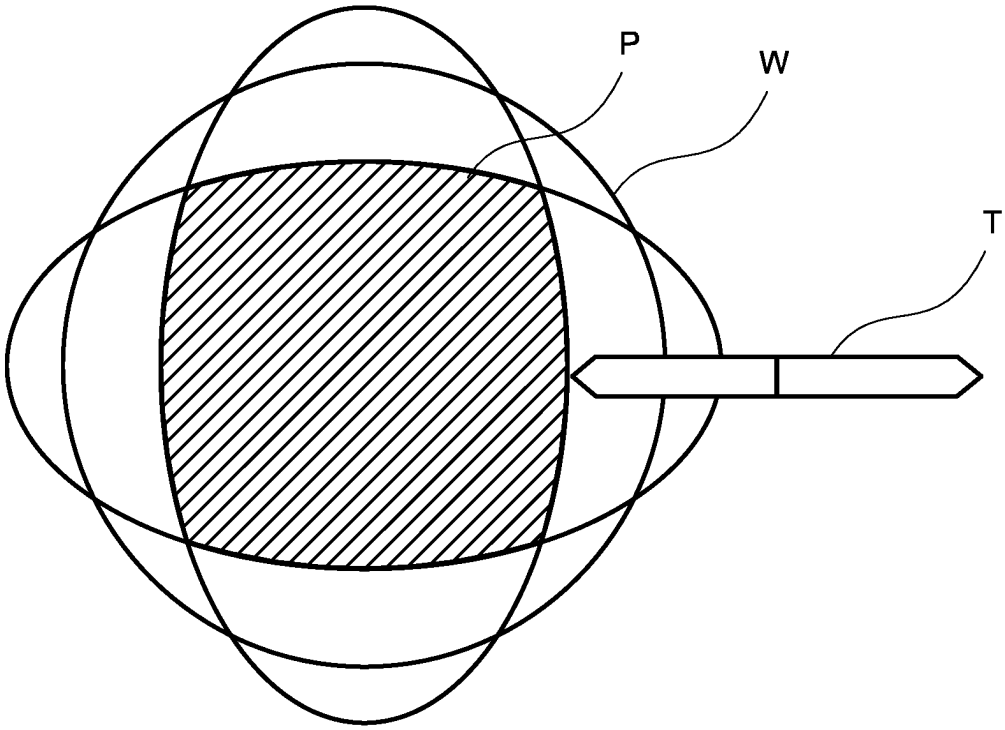


FIG.5

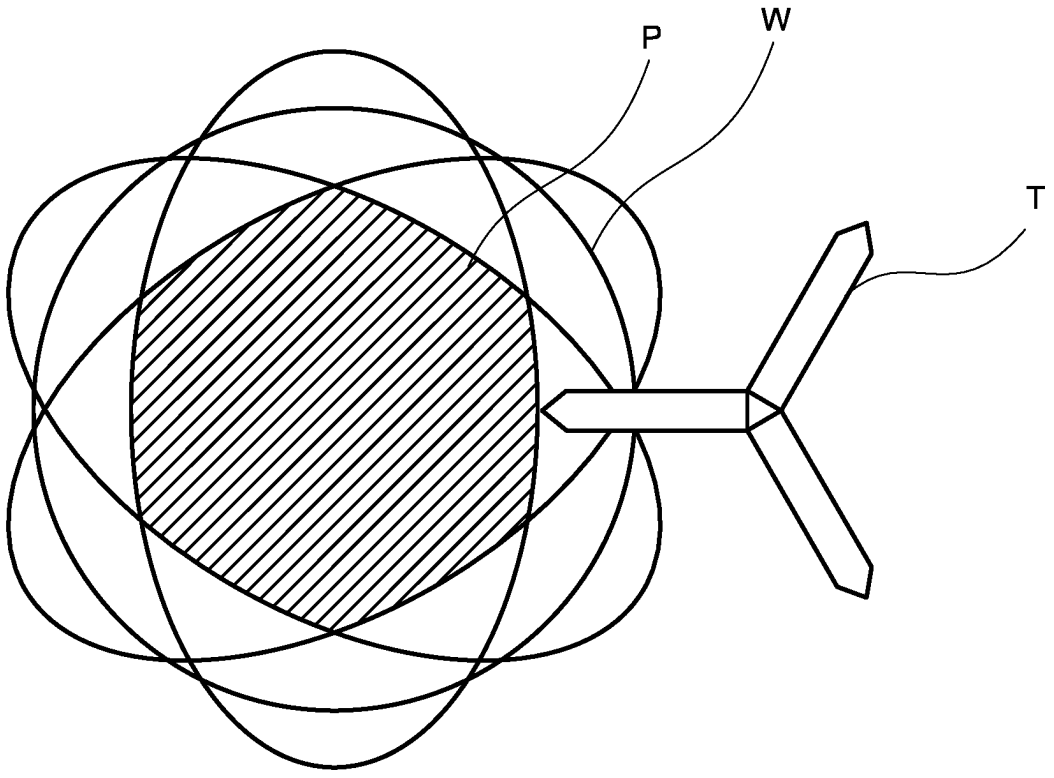


FIG.6

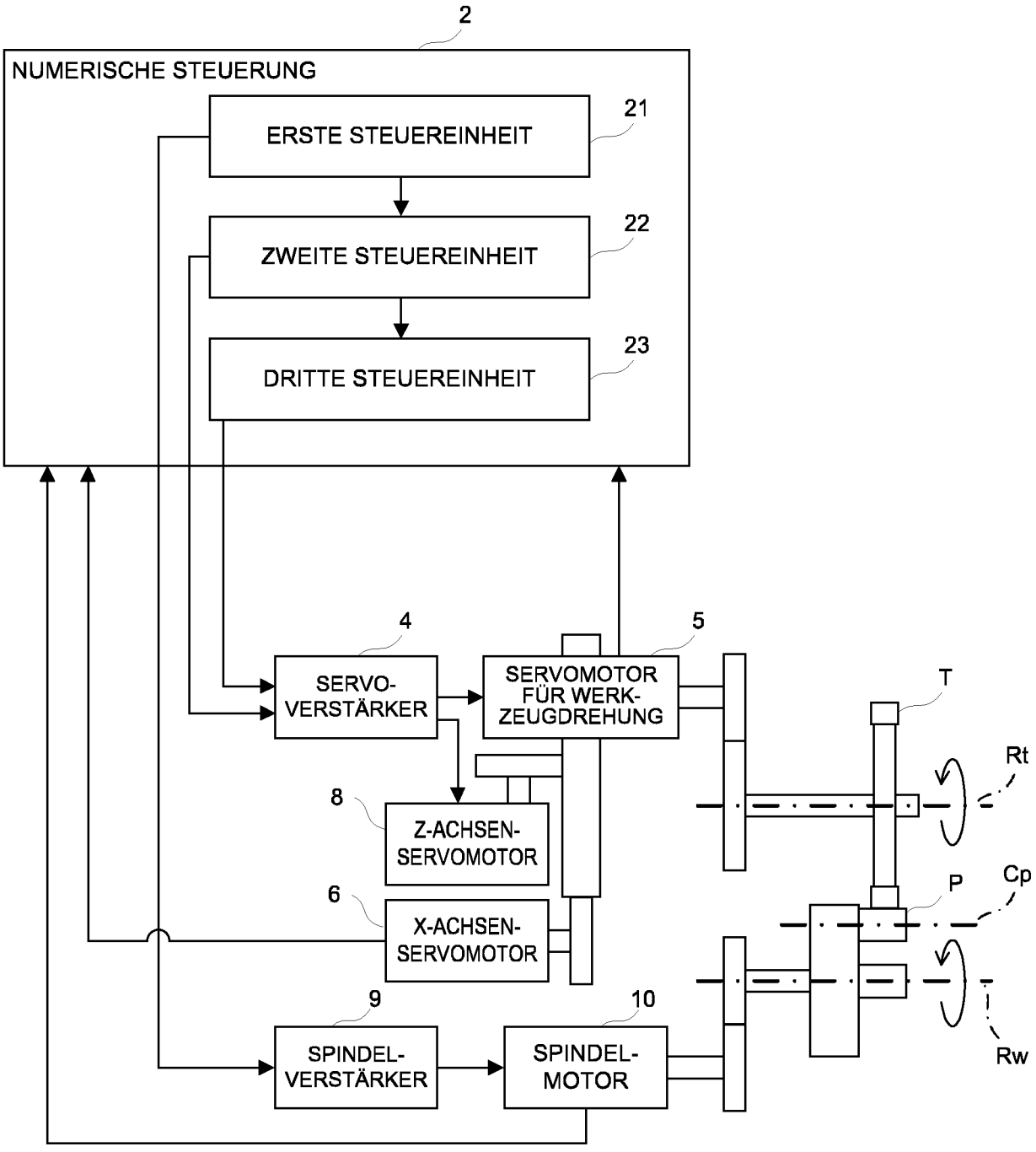

2
NUMERISCHE STEUERUNG
ERSTE STEUEREINHEIT
21
ZWEITE STEUEREINHEIT
22
DRITTE STEUEREINHEIT
23
4
SERVO-
VERSTÄRKER
5
SERVOMOTOR
FÜR WERK-
ZEUGDREHUNG
T
Rt
8
Z-ACHSEN-
SERVOMOTOR
6
X-ACHSEN-
SERVOMOTOR
P
Cp
9
SPINDEL-
VERSTÄRKER
10
SPINDEL-
MOTOR
Rw

FIG.7

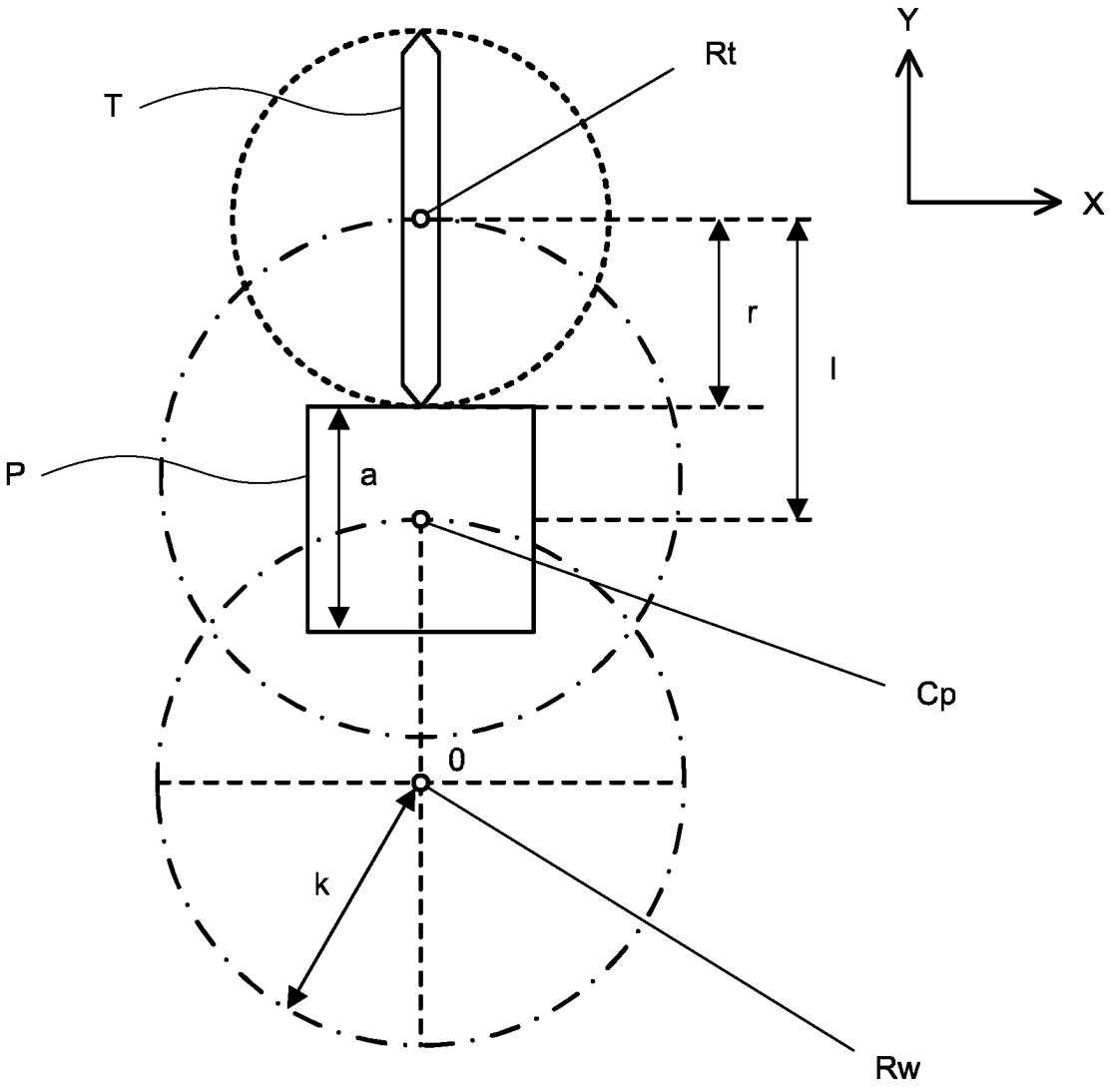


FIG.8

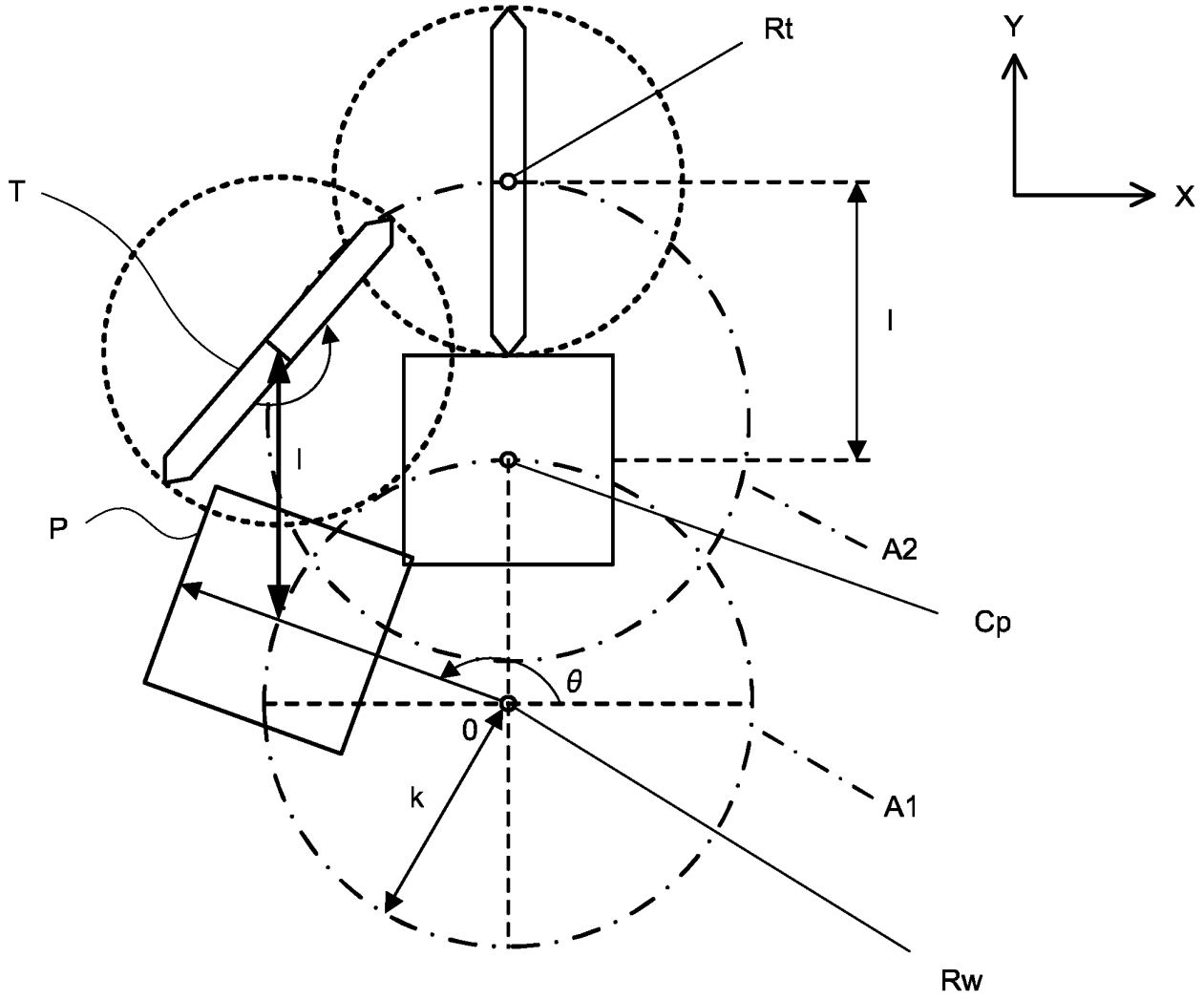


FIG.9

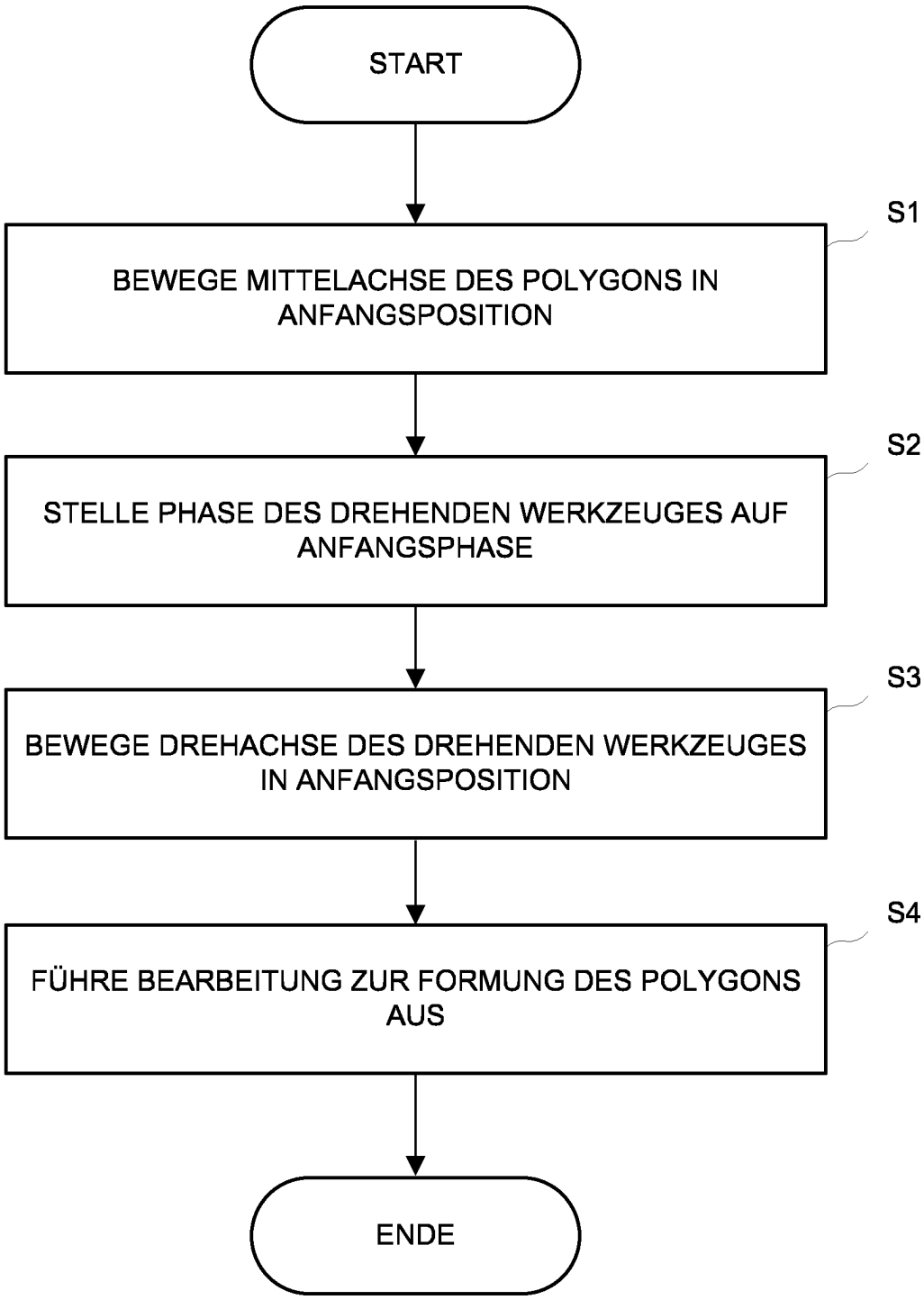

START
S1
BEWEGE MITTELACHSE DES POLYGONS IN ANFANGSPOSITION
S2
STELLE PHASE DES DREHENDEN WERKZEUGES AUF ANFANGSPHASE
S3
BEWEGE DREHACHSE DES DREHENDEN WERKZEUGES IN ANFANGSPOSITION
S4
FÜHRE BEARBEITUNG ZUR FORMUNG DES POLYGONS AUS
ENDE

FIG.10A

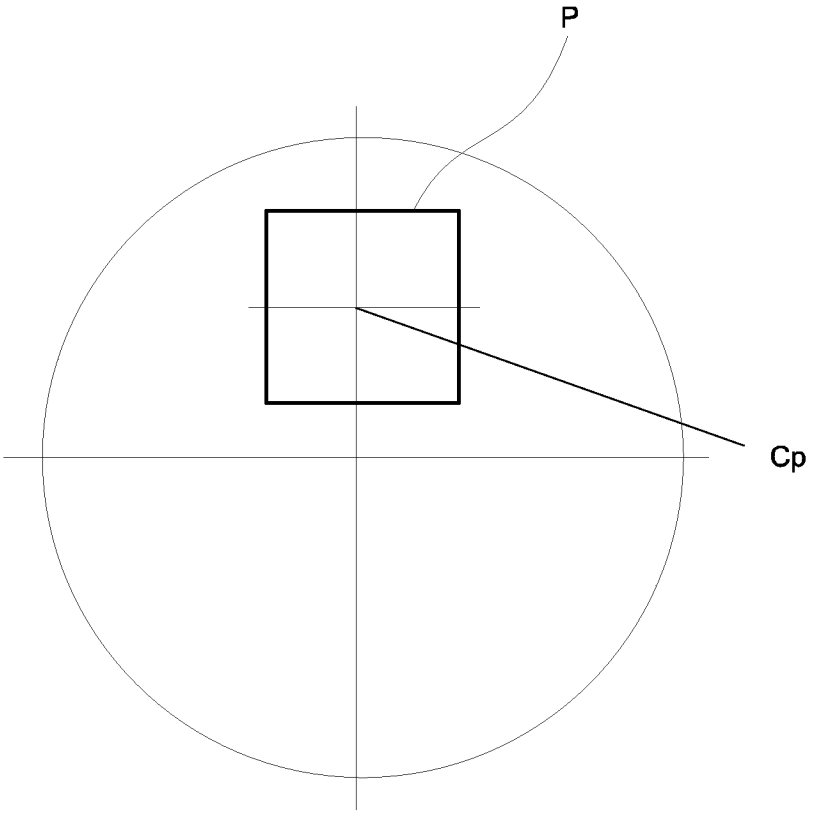


FIG.10B

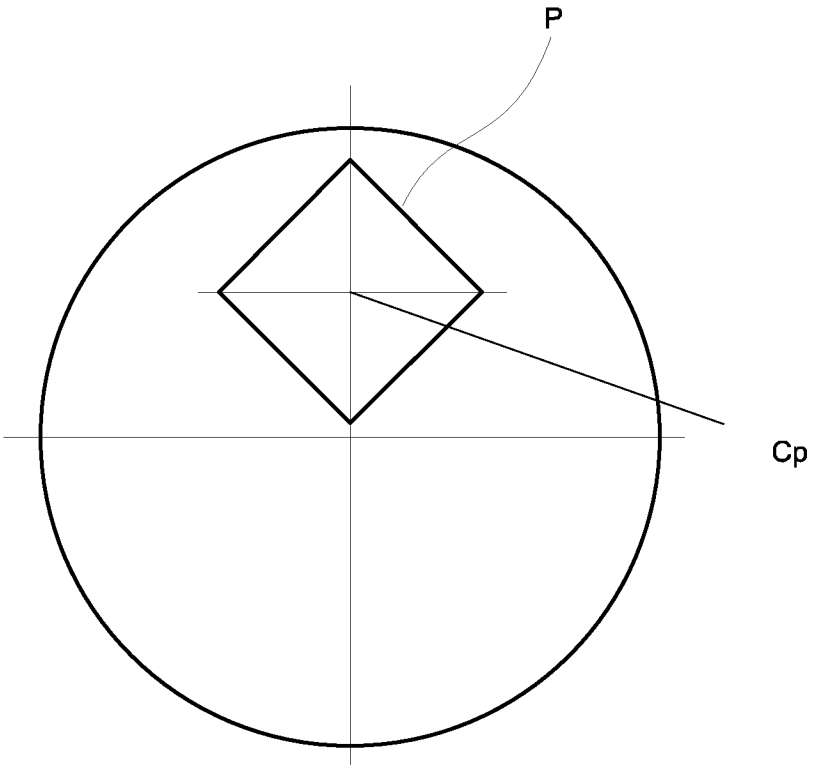


FIG.11A

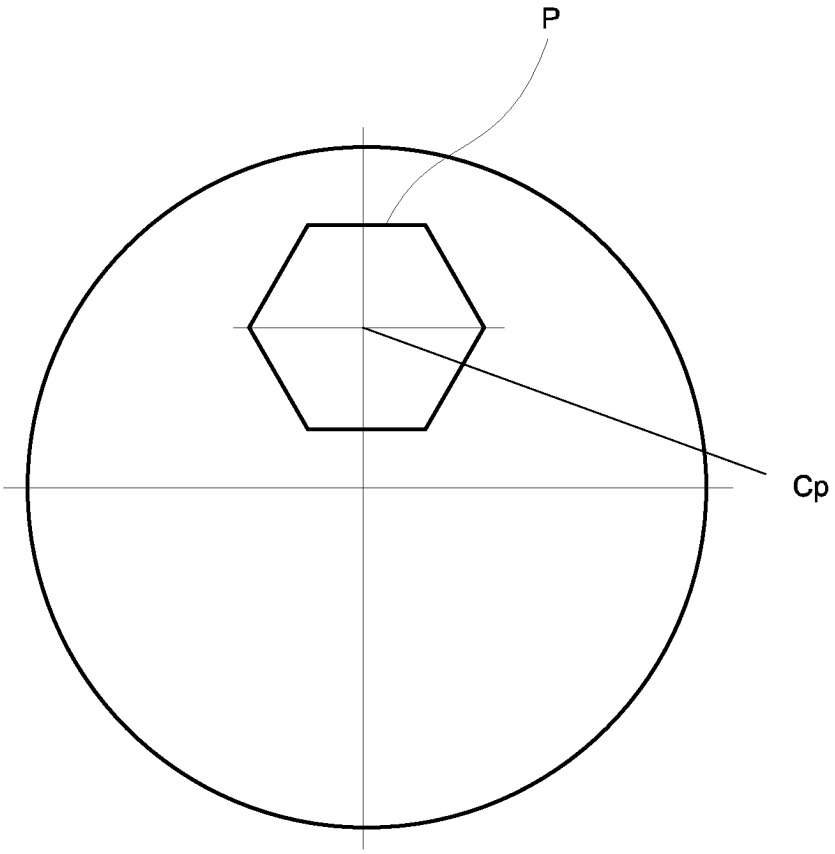


FIG.11B

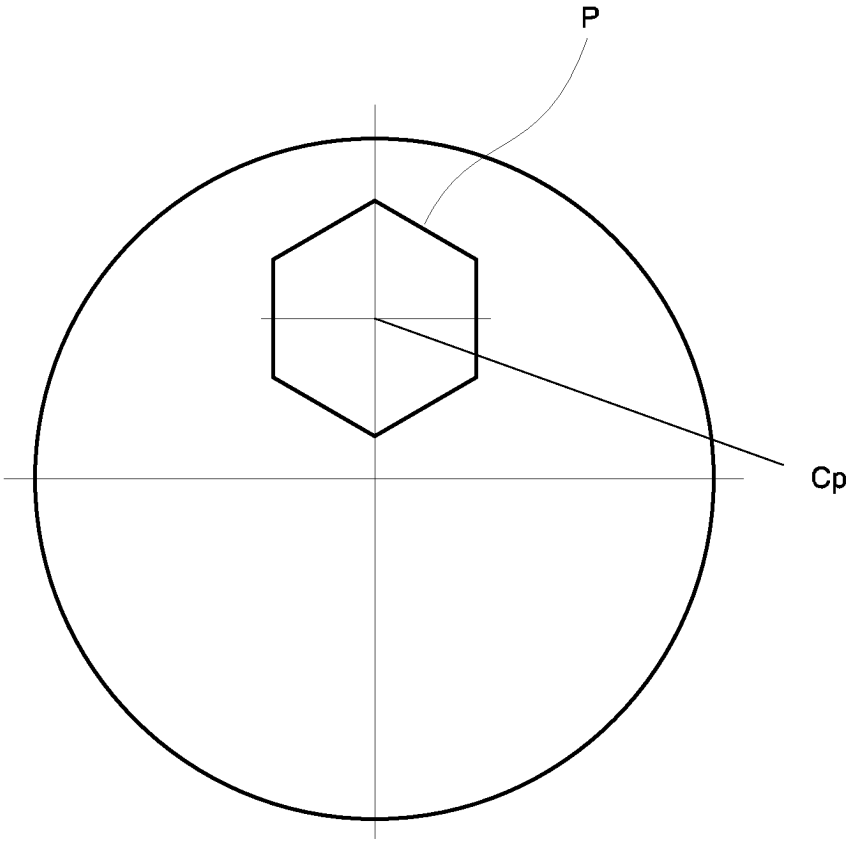


FIG.12

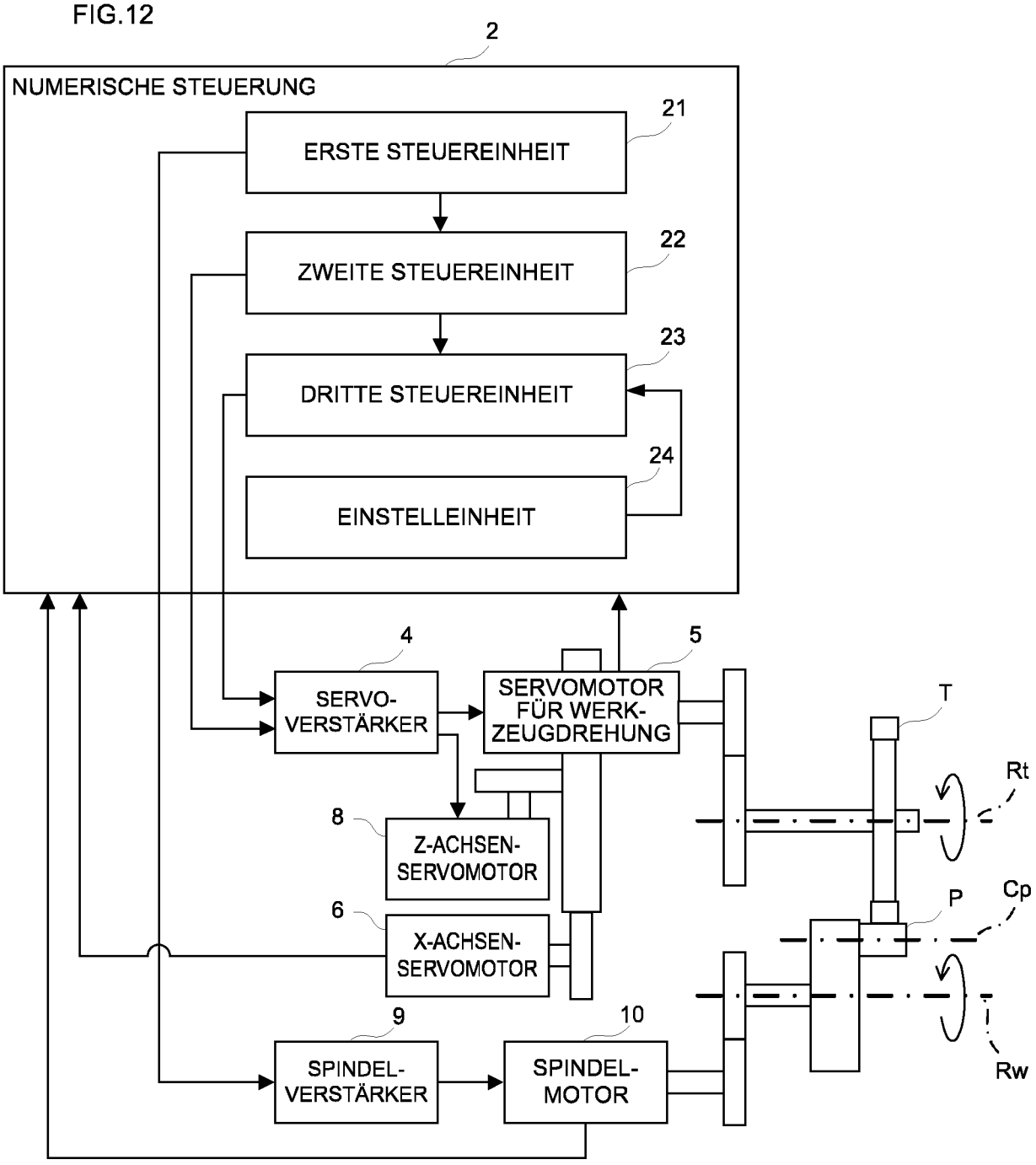

2
NUMERISCHE STEUERUNG
21
ERSTE STEUEREINHEIT
22
ZWEITE STEUEREINHEIT
23
DRITTE STEUEREINHEIT
24
EINSTELLEINHEIT
4
SERVO-VERSTÄRKER
5
SERVOMOTOR FÜR WERK-ZEUGDREHUNG
T
Rt
8
Z-ACHSEN-SERVOMOTOR
6
X-ACHSEN-SERVOMOTOR
P
Cp
9
SPINDEL-VERSTÄRKER
10
SPINDEL-MOTOR
Rw

FIG.13

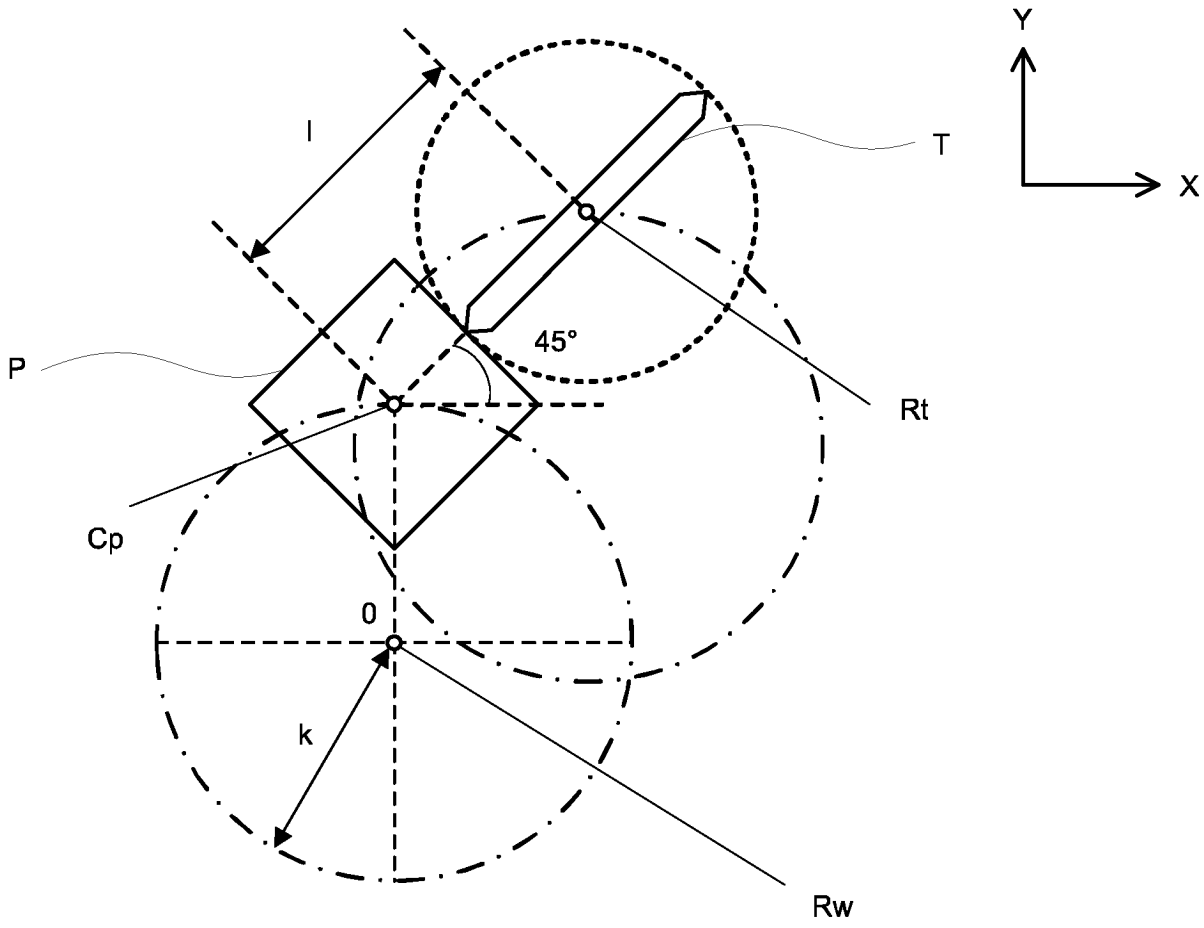
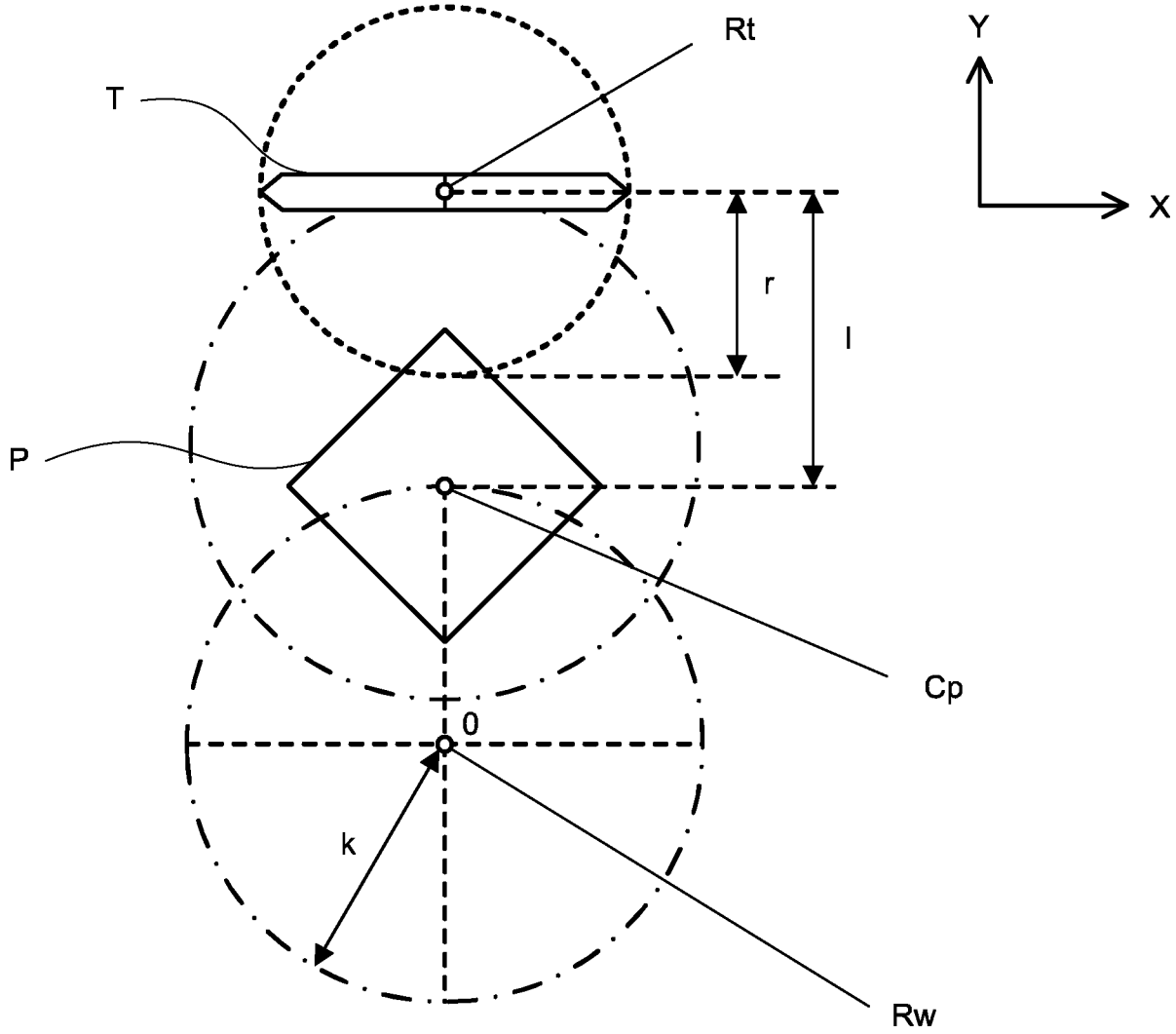


FIG.14



 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.