



(10) **DE 10 2014 111 402 A1** 2015.02.19

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 111 402.7**

(22) Anmeldetag: **11.08.2014**

(43) Offenlegungstag: **19.02.2015**

(51) Int Cl.: **B23H 7/26 (2006.01)**

B23H 7/02 (2006.01)

B23H 9/08 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

2013-169252

16.08.2013

JP

(74) Vertreter:

Haseltine Lake LLP, 80333 München, DE

(71) Anmelder:

FANUC Corporation, Oshino-mura, Yamanashi-ken, JP

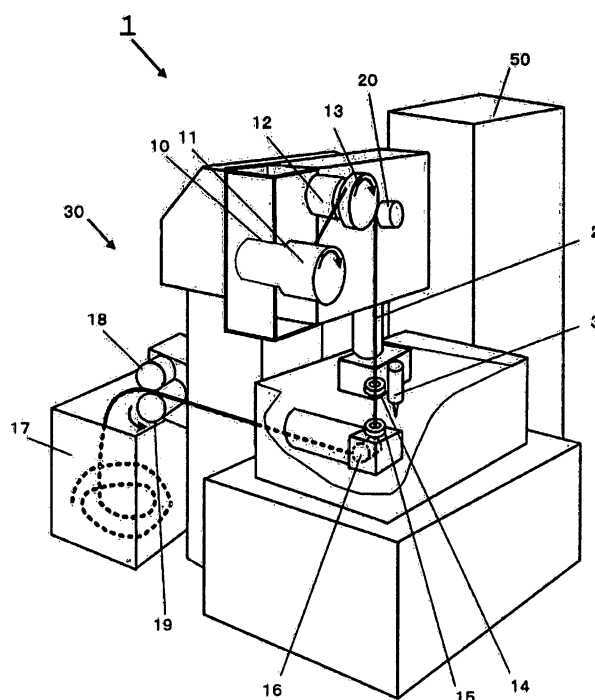
(72) Erfinder:

Hasegawa, Yasuo, c/o FANUC Corporation, Oshino-mura, Yamanashi-ken, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Bearbeitungsverfahren mit einem Schneidwerkzeug und Drahtelektroerosionsvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Bei einer Drahtelektroerosionsvorrichtung, die einen Klingenabschnitt eines Schneidwerkzeugs bearbeitet, wird in einem Zustand, in dem eine stabförmige Referenzspannvorrichtung an einer Drehachse befestigt ist, eine Position auf einer Außenrandfläche der Referenzspannvorrichtung an jeder Drehposition gemessen und gespeichert. Ein Rotations-Run-Out-Fehler wird auf der Basis der gespeicherten Rotations-Run-Out-Positionsinformation berechnet, und ein Bearbeitungsprogramm wird korrigiert, so dass der Rotations-Run-Out-Fehler beseitigt wird.



Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG****1. Gebiet der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bearbeitung eines Schneidwerkzeugs sowie eine Drahtelektroerosionsvorrichtung.

2. Beschreibung des dazugehörigen Fachgebietes

[0002] Die JP 2013-111691 offenbart ein Drahtelektroerodierverfahren zum höchst genauen Bearbeiten eines Rotations-Schneidwerkzeugs, an dem ein polykristallines Diamantmaterial (PCD) oder ein polykristallines kubisches Bornitrid(PCBN)-Material als Schneidklinge befestigt ist. Das PCD-Material und das PCBN-Material sind Schneidwerkzeugmaterialien mit dem höchsten Härtegrad.

[0003] Den **Fig. 28A** und **Fig. 28B** zufolge wird in diesem Drahtelektroerodierverfahren eine Spanfläche, die zu einer Klinge aus PCD-Material wird und die zu einem PCD-Werkzeug hartgelötet wird, vorher durch einen an einem oberen Führungsteil einer Drahtelektroerosionsvorrichtung befestigten Berührungssensor gemessen. Auf der Basis der aufgenommenen Messdaten wird ein Bearbeitungsprogramm erstellt, und die Drahtelektroerosion erfolgt auf der Basis des Bearbeitungsprogramms.

[0004] Bei dem in der JP 2013-111691 offenbarten Drahtelektroerodierverfahren kommt es zu einem Problem, wenn der Rotations-Run-Out während der Drehpositionierung des an der Drehachse befestigten PCD-Werkzeugs erfolgt, und zwar insofern als ein Run-Out-Fehler in der Außenrandabmessung des bearbeiteten Klingenabschnitts erfolgt. Erfolgt das Schneiden, wie in den **Fig. 29A**, **Fig. 29B** und **Fig. 29C** gezeigt, durch ein Drehwerkzeug mit einem Rotations-Run-Out-Fehler, treten Bearbeitungsmängel, wie Abmessungsfehler bei der Produktbearbeitung und Bearbeitungsvibrationen, auf, die durch den Run-Out verursacht werden. Die Produktgenauigkeit wird somit beeinträchtigt.

[0005] Der **Fig. 30** zufolge ist ein Rotationswerkzeug herkömmlich an einem Dreibackenfutter oder Vierbackenfutter befestigt, das an einer Drehachse angebracht ist. Die Futterposition wird so eingestellt, dass die Rotations-Run-Out-Genauigkeit in annehmbaren Grenzen gehalten wird, wenn das Drehwerkzeug um die Drehachse gedreht wird. Ist zudem, wie in **Fig. 31** gezeigt, das Drehwerkzeug an einem abnehmbaren Klemmhalter befestigt, der die Position zum Befestigen an und Abnehmen von einer Seitenplatte der Drehachse reproduzieren kann, muss die Position einer Einspannvorrichtung zum Befestigen und Abnehmen, die den Klemmhalter an der Drehachse befestigt,

vorher einjustiert werden, so dass der Klemmhalter genau am Drehzentrum befestigt ist.

[0006] Bei einem Präzisions-Drehwerkzeug ist der zulässige Wert für die Rotations-Run-Out-Genauigkeit des Drehwerkzeugs gewöhnlich 0,010 mm oder weniger. Berücksichtigt man die Bearbeitungsfehler, die während der Produktion des Drehwerkzeugs erfolgen, muss der Rotations-Run-Out, der während der Drehung durch die Drehachse erfolgt, in den zulässigen Grenzen gehalten werden. Eine solche Positionseinstellung erfordert Justiertechniken durch den Fachmann und viele Arbeitsstunden. Insbesondere wenn das Dreibackenfutter oder das Vierbackenfutter verwendet wird, die billiger als der abnehmbare Klemmhalter sind, muss die Rotations-Run-Out-Justierung bei jedem Werkzeugaustausch erfolgen, und es sind viele Arbeitsstunden erforderlich. Wird der Klemmhalter verwendet, weil nur ein Werkzeug mit einem Außendurchmesser angebracht werden kann, der mit dem Innendurchmesser des Klemmhalters kompatibel ist, müssen viele teure Klemmhalter bereitgestellt werden, damit verschiedene Werkzeug-Außendurchmesser unterstützt werden.

[0007] Selbst bei einem abnehmbaren Klemmhalter, bei dem die Positionsjustierung am Drehzentrum vorher erfolgt, lässt sich das Werkzeug aufgrund der Spielräume im Innendurchmesser des Klemmhalters und Außendurchmesser des Werkzeugs schwer in der Mitte des Klemmhalters fixieren. Es tritt, wenn auch nur geringfügig, eine Fehlausrichtung zur Mitte und eine Schiefstellung auf, wodurch eine Positionsfehlausrichtung während der Produktion des Drehwerkzeugs verursacht wird, was zu einem Rotations-Run-Out-Fehler führt.

[0008] Zudem wird in einer Zentriervorrichtung und einem Zentrierverfahren, die in der JP 2012-143830 offenbart sind, der Außenrand eines Rotationskörpers an zwei Punkten in einer +X-Richtung und einer -Y-Richtung gemessen, und eine Position α eines Mittelpunktes zwischen den beiden Punkten wird dann berechnet. Außerdem wird der gleiche Außenrand an zwei Punkten in einer +Y-Richtung und einer -Y-Richtung gemessen, und eine Position β eines Mittelpunktes zwischen den beiden Punkten wird dann berechnet. α und β zeigen die Zentren des Rotationskörpers mit fehlausgerichteter Position an. Ein Fehlausrichtungsbetrag R wird einfach durch $\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$ berechnet. Dieses Verfahren kann nicht auf eine Drahtelektroerosionsvorrichtung angewendet werden, in der eine Drahtelektrode in Auf-/Ab-Richtung gedehnt wird, und nur die Positionskoordinate in Y-Richtung eines Kontaktpunktes auf dem äußersten Rand eines Werkzeugs erhalten werden kann.

[0009] Zudem wird in der JP 8-171407 der Rand des Rotations-Run-Outs durch einen Näherungssen-

sor gemessen. Der Run-Out-Fehler wird durch eine Sinuskurve angeglichen, und ein Bearbeitungspunkt wird auf der Basis der Sinuskurvenanpassung korrigiert. In diesem Verfahren müssen sämtliche Positionen auf dem Rand durch den Näherungssensor gemessen werden, da die Mitte des Rotations-Run-Outs und die maximale Run-Out-Breite nicht durch Berechnung hergeleitet werden. Daher sind eine korrekte Messung und eine Korrektur für ein Werkzeug, wie ein Schneidwerkzeug, das drei oder vier Schneidklingen und einen unvollständigen zylindrischen Außenrand hat, in dem ein Freiteil als Kerbe im Werkzeugaußenrand in einem Anschnitt, in dem sich die Klingenfläche befindet, ausgebildet ist, nicht möglich.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0010] Daher ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung die Bereitstellung eines Verfahrens zur Herstellung eines Präzisions-Drehwerkzeugs mit niedrigem Rotations-Run-Out, wobei eine Positionsjustierung umgangen wird durch Korrektur des Rotations-Run-Outs in einer Drehachse oder des Rotations-Run-Outs in einem an der Drehachse befestigten Drehwerkzeug, wenn ein Bearbeitungsprogramm zum Bearbeiten eines Werkzeugs erstellt wird, und einer Drahtelektroerosionsvorrichtung mit der Erstellungsfunktion.

[0011] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Bearbeitung eines Schneidwerkzeugs umfasst: Messen einer Position einer Klingenfläche in einem an einer Drehachse befestigten Schneidwerkzeug durch einen Berührungssensor oder eine kontaktlose Positionserfassungsvorrichtung; Erstellen eines Bearbeitungsprogramms auf der Basis der gemessenen Position und Bearbeiten eines Klingenabschnitts des Schneidwerkzeugs durch Drahtelektroerosion. Das Verfahren zur Bearbeitung eines Schneidwerkzeugs umfasst: Befestigen einer stabförmigen Referenzverriegelungsvorrichtung an der Drehachse; Durchführen der Drehpositionierung in mindestens drei Drehwinkelpositionen um die Drehachse; Messen einer Position in einem Außenrandabschnitt nahe einer Höhe des Drehzentrums in einer Richtung, die sich einer Außenrandfläche der Referenzverriegelungsvorrichtung annähert, zur Messung an jeder Drehwinkelposition mit dem Berührungssensor, der kontaktlosen Positionserfassungsvorrichtung, oder einer Drahtelektrode, und Speichern der gemessenen Positionen in einer Speichereinheit als Rotations-Run-Out-Positionsinformation für die Drehwinkelpositionen; Berechnen einer Mittelkoordinate des Rotations-Run-Outs, und einer Drehkoordinate und eines Run-Out-Fehlers jeder Drehwinkelposition auf der Basis der gespeicherten Rotations-Run-Out-Positionsinformation; und Korrigieren des Bearbeitungsprogramms oder eines Bearbeitungswegs zur Beseitigung des berechneten Rotations-Run-Out-Fehlers, wenn das

Schneidwerkzeug an der Drehachse befestigt und bearbeitet wird.

[0012] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Bearbeitung eines Schneidwerkzeugs umfasst: Messen einer Position einer Klingenfläche in einem an der Drehachse befestigten Schneidwerkzeug durch einen Berührungssensor oder eine kontaktlose Positionserfassungsvorrichtung, Erstellen eines Bearbeitungsprogramms auf der Basis der gemessenen Position, und Bearbeiten eines Klingenabschnitts des Schneidwerkzeugs durch Drahtelektroerosion. Das Verfahren zur Bearbeitung eines Schneidwerkzeugs umfasst das Befestigen des Schneidwerkzeugs an der Drehachse; Durchführen der Drehpositionierung in mindestens drei Drehwinkelpositionen durch die Drehachse; Messen einer Position in einem Außenrandabschnitt nahe einer Höhe des Drehzentrums in einer Richtung, die sich einem zylindrischen Außenrandabschnitt des Schneidwerkzeugs nähert, zur Messung an jeder Drehwinkelposition mit dem Berührungssensor, der kontaktlosen Positionserfassungsvorrichtung, oder einer Drahtelektrode, und Speichern der gemessenen Positionen in einer Speichereinheit als Rotations-Run-Out-Positionsinformation; Berechnen einer Mittelkoordinate des Rotations-Run-Outs, und einer Drehkoordinate und eines Run-Out-Fehlers jeder Drehwinkelposition auf der Basis der gespeicherten Rotations-Run-Out-Positionsinformation; und Korrigieren des Bearbeitungsprogramms oder eines Bearbeitungswegs zur Beseitigung des berechneten Rotations-Run-Out-Fehlers, wenn das Schneidwerkzeug bearbeitet wird.

[0013] Das Verfahren kann zudem Folgendes beinhalten: Erfassen einer oberen Endflächenposition des Außenrandabschnitts von einer oberen Position der Referenzverriegelungsvorrichtung oder des Schneidwerkzeugs am Drehzentrum in einer Richtung, die sich dem Außenrandabschnitt zur unteren Seite nähert, anstelle der Position in dem Außenrandabschnitt nahe der Höhe des Drehzentrums, wenn der Außenrandabschnitt der Referenzverriegelungsvorrichtung oder der zylindrische Außenrandabschnitt des Schneidwerkzeugs mit dem Berührungssensor oder der kontaktlosen Positionserfassungsvorrichtung gemessen wird.

[0014] Eine erfindungsgemäße Drahtelektroerosionsvorrichtung ist eine Drahtelektroerosionsvorrichtung zum Messen einer Position einer Klingenfläche in einem an einer Drehachse befestigten Schneidwerkzeug durch einen Berührungssensor oder eine kontaktlose Positionserfassungsvorrichtung, zum Erstellen eines Bearbeitungsprogramms auf der Basis der gemessenen Position und zum Bearbeiten eines Klingenabschnitts des Schneidwerkzeugs. Die Drahtelektroerosionsvorrichtung umfasst: eine Speichereinheit, die so konfiguriert ist, dass sie als Rotations-Run-Out-Positionsinformation für mindestens

drei Drehwinkelpositionen Positionen in einem Außenrandabschnitt nahe einer Höhe des Drehzentrums speichert, die gemessen wird in einer Richtung, die sich einer Außenrandfläche der Referenzverriegelungsvorrichtung nähert, zur Messung an jeder Drehwinkelposition durch den Berührungssensor, die kontaktlose Positionserfassungsvorrichtung, oder eine Drahtelektrode in einem Zustand, in dem die stabförmige Referenzverriegelungsvorrichtung an der Drehachse befestigt ist; eine Einheit zur Berechnung des Run-Out-Fehlers, die so konfiguriert ist, dass sie eine Mittelkoordinate des Rotations-Run-Outs, und eine Drehkoordinate und einen Run-Out-Fehler jeder Drehwinkelposition auf der Basis der gespeicherten Rotations-Run-Out-Positionsinformation berechnet; und eine Programmkorrektureinheit oder eine Einheit zur Korrektur des Bearbeitungswegs, die so konfiguriert sind, dass sie das Bearbeitungsprogramm oder einen Bearbeitungsweg korrigieren, so dass der berechnete Rotations-Run-Out-Fehler beseitigt wird, wenn das Schneidwerkzeug an der Drehachse befestigt und bearbeitet wird.

[0015] Eine erfindungsgemäße Drahtelektroerosionsvorrichtung ist eine Drahtelektroerosionsvorrichtung zum Messen einer Position einer Klingenfläche in einem an einer Drehachse befestigten Schneidwerkzeug durch einen Berührungssensor oder eine kontaktlose Positionserfassungsvorrichtung, zum Erstellen eines Bearbeitungsprogramms auf der Basis der gemessenen Position und zum Bearbeiten eines Klingenabschnitts des Schneidwerkzeugs. Die Drahtelektroerosionsvorrichtung umfasst: eine Speichereinheit, die so konfiguriert ist, dass sie als Rotations-Run-Out-Positionsinformation für mindestens drei Drehwinkelpositionen Positionen in einem Außenrandabschnitt nahe einer Höhe des Drehzentrums speichert, die gemessen wird in einer Richtung, die sich einem zylindrischen Außenrandabschnitt des Schneidwerkzeugs nähert, zur Messung an jeder Drehwinkelposition durch den Berührungssensor, die kontaktlose Positionserfassungsvorrichtung, oder eine Drahtelektrode in einem Zustand, in dem das Schneidwerkzeug an der Drehachse befestigt ist; eine Einheit zur Berechnung des Run-Out-Fehlers, die so konfiguriert ist, dass sie eine Mittelkoordinate des Rotations-Run-Outs, und eine Drehkoordinate und einen Run-Out-Fehler jeder Drehwinkelposition auf der Basis der gespeicherten Rotations-Run-Out-Positionsinformation berechnet; und eine Programmkorrektureinheit oder eine Einheit zur Korrektur des Bearbeitungswegs, die so konfiguriert sind, dass sie das Bearbeitungsprogramm oder einen Bearbeitungsweg korrigieren, so dass der berechnete Rotations-Run-Out-Fehler beseitigt wird, wenn das Schneidwerkzeug bearbeitet wird.

[0016] Die Drahtelektroerosionsvorrichtung kann eine Einheit aufweisen, die so konfiguriert ist, dass sie eine obere Endflächenposition des Außenrandabschnitts

schnitts von einer oberen Position der Referenzverriegelungsvorrichtung oder des Schneidwerkzeugs am Drehzentrum in einer Richtung erfasst, die sich dem Außenrandabschnitt zur unteren Seite nähert, anstelle der Position im Außenrandabschnitt nahe der Höhe des Drehzentrums, wenn der Außenrandabschnitt der Referenzverriegelungsvorrichtung oder der zylindrische Außenrandabschnitt des Schneidwerkzeugs durch den Berührungssensor oder die kontaktlose Positionserfassungsvorrichtung gemessen wird.

[0017] Aufgrund der enthaltenen vorstehend beschriebenen Konfigurationen kann die Erfindung ein Verfahren zum Erzeugen eines Präzisionswerkzeugs bereitstellen, das einen niedrigen Rotations-Run-Out hat, in dem ein Positionsjustierungsbetrieb umgangen wird durch Korrektur des Rotations-Run-Outs in einer Drehachse oder Rotations-Run-Outs in dem an der Drehachse befestigten Drehwerkzeug, wenn ein Bearbeitungsprogramm zum Bearbeiten eines Werkzeugs erstellt wird, und eine Drahtelektroerosionsvorrichtung, die die Erstelfunktion aufweist. Zudem kann die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines Präzisionsdrehwerkzeugs bereitstellen, das einen niedrigen Rotations-Run-Out hat, in dem ein Positionsjustierungsbetrieb umgangen wird durch Korrektur eines Bearbeitungswegs zur Korrektur des Rotations-Run-Outs auf der Basis der Positionskoordinate der Drehachse während der Positionierung einer Bewegungsachse in einer Horizontalrichtung, und eine Drahtelektroerosionsvorrichtung, die die Erstelfunktion aufweist.

[0018] Mit anderen Worten sind keine Arbeitsstunden für die Justierung notwendig, damit der Rotations-Run-Out innerhalb annehmbarer Grenzen gehalten wird, und die Arbeitsstunden können erheblich reduziert werden. Es kann ein Präzisionsdrehwerkzeug mit niedrigem Rotations-Run-Out einfach hergestellt werden, sogar durch ein Befestigungsverfahren, in dem der Run-Out erfolgt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0019] Die vorstehend genannten und andere Aufgaben und Eigenschaften der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung der Ausführungsformen anhand der beigefügten Zeichnungen ersichtlich. Es zeigt.

[0020] Fig. 1 ein Schaubild zur Erläuterung einer Übersicht einer Drahtelektroerosionsvorrichtung;

[0021] Fig. 2 ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zur Bearbeitung einer Werkzeuggeometrie mit einer Drahtelektrode;

[0022] Fig. 3 eine zeichnerische Darstellung zur Erläuterung einer Steuervorrichtung, die einen Hauptkörper der Drahtelektroerosionsvorrichtung steuert;

[0023] Fig. 4 ein Schaubild zur Erläuterung von Beispielen einer Form der Referenzspannvorrichtung;

[0024] Fig. 5 ein Schaubild zur Erläuterung von Beispielen einer Form der Referenzspannvorrichtung;

[0025] Fig. 6 ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zur Messung einer Referenzspannvorrichtung mit einer Drahtelektrode;

[0026] Fig. 7 ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zur Messung der Referenzspannvorrichtung mit einem Berührungssensor;

[0027] Fig. 8 ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zum Messen einer horizontalen Oberfläche der Referenzspannvorrichtung mit dem Berührungssensor;

[0028] Fig. 9 ein Schaubild zur Erläuterung des Prinzips der Messung der Referenzspannvorrichtung durch die Drahtelektrode;

[0029] Fig. 10 ein Schaubild zur Erläuterung des Prinzips der Messung der Referenzspannvorrichtung durch den Berührungssensor;

[0030] Fig. 11 ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zur Bestimmung einer Drehzentrumposition Y0;

[0031] Fig. 12 ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zur Messung der Werkzeugbefestigungsposition mit der Drahtelektrode;

[0032] Fig. 13 ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zur Messung der Werkzeugbefestigungsposition mit dem Berührungssensor;

[0033] Fig. 14 ein Schaubild zur Erläuterung des Prinzips der Messung eines beliebigen Werkzeugs durch den Berührungssensor;

[0034] Fig. 15 ein Schaubild zur Erläuterung des Rotations-Run-Outs;

[0035] Fig. 16 ein Schaubild zur Erläuterung der Präzisions-Werkzeugbearbeitung durch Rotations-Run-Out-Korrektur;

[0036] Fig. 17 ein Schaubild zur Erläuterung der Präzisions-Werkzeugbearbeitung durch Rotations-Run-Out-Korrektur bei der Freiflächenbearbeitung;

[0037] Fig. 18 ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zur Berechnung des Rotations-Run-Outs;

[0038] Fig. 19 ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zur Berechnung des Rotations-Run-Outs;

[0039] Fig. 20 ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zur Berechnung des Rotations-Run-Outs;

[0040] Fig. 21 ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zur Berechnung des Rotations-Run-Outs;

[0041] Fig. 22 ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zur Berechnung des Rotations-Run-Outs;

[0042] Fig. 23 ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zur Berechnung des Rotations-Run-Outs;

[0043] Fig. 24 ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zur Berechnung des Rotations-Run-Outs;

[0044] Fig. 25 ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zur Berechnung des Rotations-Run-Outs;

[0045] Fig. 26 ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zur Bestimmung des Rotations-Run-Outs;

[0046] Fig. 27 ein Schaubild zur Erläuterung eines weiteren Verfahrens zur Bestimmung des Rotations-Run-Outs;

[0047] Fig. 28 ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zur Bearbeitung eines Werkzeugs mit der Drahtelektrode;

[0048] Fig. 29 ein Schaubild zur Erläuterung eines durch Rotations-Run-Out verursachten Präzisionsfehlers der Werkzeugbearbeitung;

[0049] Fig. 30 ein Schaubild zur Erläuterung der Positionsfehlausrichtung zwischen der Drehmitte einer Drehachse und der Mitte eines Werkzeugs; und

[0050] Fig. 31 ein Schaubild zur Erläuterung der Positionsfehlausrichtung zwischen der Drehmitte einer Drehachse und der Mitte eines Werkzeugs.

EINGEHENDE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0051] Die Fig. 1 ist eine zeichnerische Darstellung zur Erläuterung einer Drahtelektroerosionsvorrichtung. Zudem ist Fig. 2 eine schematische Darstellung zur Erläuterung einer Drahtelektroerosionsvorrichtung, deren Drehachse ein Werkstück dreht.

[0052] Eine Drahtelektroerosionsvorrichtung **1** umfasst einen Hauptkörper **30** für die Drahtelektroerosionsvorrichtung und eine Steuervorrichtung **50**, die den Hauptkörper **30** der Drahtelektroerosionsvorrichtung steuert. Auf eine Drahtspule **11**, um die eine Drahtelektrode **2** gewickelt ist, wird ein bestimmtes

niedriges Drehmoment, das in der entgegengesetzten Richtung zur Austrittsrichtung der Drahtelektrode **2** befohlen wird, über einen Drehmomentmotor **10** der Austrittseinheit ausgeübt. Die Drahtelektrode **2**, die aus der Drahtspule **11** auswärts führt, gelangt durch eine Anzahl Führungsrollen (nicht gezeigt). Ein Bremsschuh **13**, der von einem Bremsmotor **12** betrieben wird, justiert die Spannung der Drahtelektrode **2** zwischen dem Bremsschuh **13** und einer Beschickungsrolle **19**, die von einem Beschickungsmotor (nicht gezeigt) für die Drahtelektrode betrieben wird. Ein Spannungsdetektor **20** erfasst das Ausmaß der Spannung in der Drahtelektrode **2**, die zwischen einer oberen Drahtführung **14** und einer unteren Drahtführung **15** verläuft.

[0053] Die Drahtelektrode **2**, die durch den Bremsschuh **13** gelangt, gelangt durch die obere Drahtführung **14**, die untere Drahtführung **15**, und eine untere Führungsrolle **16**. Die Drahtelektrode **2** wird dann sandwichartig zwischen einer Andruckrolle **18** und der Beschickungsrolle **19** eingeschlossen, die durch den Beschickungsmotor (nicht gezeigt) für die Drahtelektrode angetrieben wird, und in einem Sammelkasten **17** für die Drahtelektrode gesammelt.

[0054] Ein Berührungssensor **3** ist am oberen Drahtführungsabschnitt befestigt. Der Berührungssensor **3** ist so befestigt, dass er sich parallel zur Laufrichtung der Drahtelektrode **2** über eine Vortrieb/Rückzug-Funktion (nicht gezeigt) auf und ab bewegen kann. Der Berührungssensor **3** gibt ein Signal zum Erfassen von Kontakt aus, wenn mit einem Messobjekt ein Kontakt hergestellt wird. Der Berührungssensor **3** wird zu einer Rückzugsposition gezogen, wenn keine Messung durchgeführt wird.

[0055] Der **Fig. 2** zufolge umfasst der Hauptkörper **30** der Drahtelektroerosionsvorrichtung einen Bearbeitungstisch **21**, auf dem sich eine Drehachse **22** befindet. Die Drehachse **22** umfasst einen Servomotor, der einen Werkzeug-Hauptkörper **100** dreht, auf dem PCD-Spitzen **101** eines Schneidwerkzeugs befestigt sind. Das Schneidwerkzeug ist das zu bearbeitende Objekt, oder mit anderen Worten das Werkstück. Die Drehachse **22** ist an dem Bearbeitungstisch **21** befestigt, so dass eine Mittellinie **23** der Drehachse in horizontaler Richtung verläuft. Das zu bearbeitende Objekt wird abnehmbar an der Drehachse **22** befestigt, die an dem Bearbeitungstisch **21** befestigt ist, so dass dies sich um eine Achse A drehen kann, und zwar ähnlich wie bei der Drehung, wenn das Schneidwerkzeug das Schneiden ausführt. Nach der Beendigung der Bearbeitung wird das zu bearbeitende Objekt von der Drehachse **22** entfernt. Der Hauptkörper **30** der Drahtelektroerosionsvorrichtung kann das zu bearbeitende Objekt in abwechselnd senkrechten X- und Y-Achsenrichtungen bewegen, in Relation zur Drahtelektrode **2**, die zwischen der oberen Drahtführung **14** und der unteren Drahtführung **15** gedehnt

wird. Demnach lässt sich eine vertikale Bearbeitung des zu bearbeitenden Objekts durchführen.

[0056] Das zu bearbeitende Objekt ist ein Schneidwerkzeug, in dem ein ultrahartes Material, wie polykristalliner Diamant (PCD) oder polykristallines kubisches Bornitrid (PCBN) am Werkzeug-Hauptkörper **100** als Schneidklinge befestigt ist.

[0057] Die obere Drahtführung **14** umfasst einen Z-Achsen-Antriebsmechanismus (nicht gezeigt), der eine Bewegung in einer Z-Achsenrichtung ermöglicht, die senkrecht zur Ebene ist, die durch die X-Achse und Y-Achse aufgespannt wird.

[0058] Wird ein Messbereich des zu bearbeitenden Objekts mit dem Berührungssensor **3** gemessen, kann der Berührungssensor **3** gesenkt werden, damit eine Sondenspitze des Berührungssensors **3** zu einer festgelegten Position gesenkt wird.

[0059] Zudem können die Positionen der oberen Drahtführung **14** auf der X-Achse, Y-Achse und Z-Achse einstellbar durch die obere Drahtführung **14** vorgenommen werden, die einen U-Achsen-Antriebsmechanismus und einen V-Achsen-Antriebsmechanismus (nicht gezeigt) aufweist. Aufgrund dieser erhaltenen Mechanismen lässt sich eine angeschrägte Bearbeitung des Schneidwerkzeugs, das das zu bearbeitende Objekt ist, vornehmen.

[0060] Die Steuervorrichtung **50** bietet eine Funktion zur Messung der Position einer Oberfläche, die als Spanfläche des ultraharten Materials dient, das als Schneidklinge des Schneidwerkzeugs dient, mit Hilfe des Berührungssensors **3** entsprechend einem Messprogramm. Wie nachstehend beschrieben wird das Messprogramm von der Steuervorrichtung **50** mit einem Bearbeitungsprogramm zur Bearbeitung des ultraharten Materials des Schneidwerkzeugs zu einer Schneidklinge durch Elektroerosionsbearbeitung erstellt. Die Steuervorrichtung **50** stellt auch eine Funktion zur Regeneration des Bearbeitungsprogramms auf der Basis der Information bereit, die durch die Messung erhalten wird, und zur Durchführung der Elektroerodierbearbeitung am ultraharten Material des Schneidwerkzeugs entsprechend dem regenerierten Bearbeitungsprogramm.

[0061] Der Hauptkörper **30** der Drahtelektroerosionsvorrichtung wird durch die in der **Fig. 3** gezeigte Steuervorrichtung **50** gesteuert, die die Bearbeitung des Werkstücks durchführt. Die Steuervorrichtung **50** besteht aus einem Prozessor (CPU) **51**, einem Speicher **52**, wie einem RAM oder einem ROM, einer Anzeigenschnittstelle **53**, einer Anzeigevorrichtung **54**, einer Tastaturschnittstelle **55**, einer Tastatur **56**, einer Servoschnittstelle **57**, einem Servoverstärker **58** und einer Eingangs-Ausgangs-Schnittstelle **60**, die die Signale mit einer externen Vorrichtung austauscht. Die

vorstehenden Elemente sind über einen Bus **61** miteinander verbunden.

[2]

[0062] Die Referenzzahl **30** bezeichnet den Hauptkörper der Drahtelektroerosionsvorrichtung, und sie umfasst auch die Stromquelle für die Bearbeitung. Ein Servomotor **31** wird vom Servoverstärker **58** betrieben. Der Servomotor **31** steht für Servomotoren, die den Antriebsachsen entsprechen, wobei es sich um die X-Achse, die Y-Achse und die A-Achse handelt. Die Anzahl der Servomotoren entspricht der Anzahl der erforderlichen Antriebsachsen. Jeder Servomotor **31**, der für eine Achse bereitgestellt wird, beinhaltet eine Positionserfassungsvorrichtung (nicht gezeigt), die die Position erfasst. Positionserfassungssignale, die durch die entsprechenden an den Servomotoren **31** befestigten Positionserfassungsvorrichtungen erfasst werden, werden zu der Steuervorrichtung **50** zurück geführt.

[0063] Der Hauptkörper **30** der Drahtelektroerosionsvorrichtung, der die Stromquelle für die Bearbeitung beinhaltet, wird über eine Schnittstelle **59** gesteuert. Bei Start des Bearbeitungsprogramms wird ein Befehl zum AN-Schalten der Stromquelle für die Bearbeitung über die Schnittstelle **59** erteilt. Dem Hauptkörper **30** der Drahtelektroerosionsvorrichtung wird zudem ein Befehl zum AB-Schalten der Stromquelle für die Bearbeitung über die Schnittstelle **59** erteilt. Eine Eingangs-Ausgangs-Vorrichtung **32** empfängt und überträgt Eingangs- und Ausgangssignale über die Eingangs-Ausgangs-Schnittstelle **60**.

[0064] Anschließend wird ein Verfahren zum Korrigieren des Rotations-Run-Outs in der Drehachse oder des Rotations-Run-Outs in einem an der Drehachse befestigten Drehwerkzeug beschrieben. In Bezug auf die Messung des Rotations-Run-Outs in der Drehachse oder des Rotations-Run-Outs in dem an der Drehachse befestigten Drehwerkzeug wird ein Beispiel beschrieben, in dem eine an der Drehachse befestigte Referenzspannvorrichtung verwendet wird, und ein Beispiel, in dem das an der Drehachse befestigte Drehwerkzeug verwendet wird.

[1]

[0065] Die Außenrandfläche der an der Drehachse befestigten Referenzspannvorrichtung oder die höchst exakte Außenrandfläche des an der Drehachse befestigten Drehwerkzeugs wird durch einen Berührungssensor, eine kontaktlose Positionserfassungsvorrichtung, oder eine Kontakterfassungsfunktion gemessen, die von der Drahtelektrode bereitgestellt wird, die in der Drahtelektroerosionsvorrichtung enthalten ist.

[0066] Der Messbereich auf der Außenrandfläche ist beispielsweise eine Rückseite auf der Höhe der Werkzeugmitte. Die Drehposition der Drehachse wird mindestens zweimal geändert. Die Messung erfolgt insgesamt in drei Bereichen: einem ersten Bereich P1, dann einem Bereich P2, nach Drehung der Drehachse um θ° , und dann einem Bereich P3, nach Drehung der Drehachse um weitere θ° . Auf der Basis der jeweiligen Messergebnisse werden die tatsächliche Position der Drehmitte der Drehachse und ein maximaler Run-Out-Betrag an der Drehposition berechnet und gespeichert.

[0067] Das Berechnungsverfahren wird hiernach beschrieben.

[0068] Wird die Spanfläche des Klingenabschnitts des Drehwerkzeugs durch den Berührungssensor gemessen, und wird die Spanfläche des Klingenabschnitts des Drehwerkzeugs durch den Berührungssensor gemessen, und wird das Bearbeitungsprogramm erstellt, werden die Messpositionen und die Bearbeitungspositionen korrigiert, wobei der Rotations-Run-Out in dem Werkzeug berücksichtigt wird. Demzufolge kann der Betrieb zur Justierung der Position des Werkzeugs umgangen werden, und es lässt sich ein Präzisionswerkzeug mit niedrigem Rotations-Run-Out erzeugen.

[0069] Ist keine höchst exakte Außenrandfläche nahe der Schneidklinge des Drehwerkzeugs zugegen, kann ein abnehmbarer Klemmhalter verwendet werden. Eine Präzisions-Referenzspannvorrichtung, die einen ähnlichen Außendurchmesser und Länge wie das Drehwerkzeug hat, kann an dem Klemmhalter befestigt werden, und der Rotations-Run-Out kann an einem Intervall eines beliebigen Winkels durch den Berührungssensor oder die Drahtelektrode gemessen werden. Demnach kann der Rotations-Run-Out in dem abnehmbaren Klemmhalter in Relation zur Drehachse korrigiert werden.

[0070] Hier werden eine Ausführungsform, in der eine Referenzspannvorrichtung gemessen wird, und eine Ausführungsform, in der ein Werkzeug gemessen wird, beschrieben.

<Erste Ausführungsform>

Ausführungsform, in der eine Referenzspannvorrichtung verwendet wird

[0071] Es wird eine Ausführungsform, in der eine Referenzspannvorrichtung verwendet wird, beschrieben

[1]

[0072] Wird ein abnehmbarer Klemmhalter verwendet, wird eine stabförmige Referenzverriegelungsvorrichtung verwendet, die als Referenz dient, vorher am Klemmhalter befestigt. Der Run-Out der Außenrandfläche in der Referenzverriegelungsvorrichtung wird auf ähnliche Weise wie oben gemessen. Die Außenrandfläche der an der Drehachse befestigten Referenzspannvorrichtung wird durch einen Berührungssensor, eine kontaktlose Positionserfassungsvorrichtung oder eine Kontakterfassungsfunktion gemessen, die durch die Drahtelektrode bereitgestellt wird, die in der Drahtelektroerosionsvorrichtung enthalten ist.

[0073] Als Ergebnis des Run-Outs der Außenrandfläche in der ähnlich gemessenen Referenzverriegelungsvorrichtung kann die Arbeit zur Messung des Run-Out-Betrags für jedes Werkzeug eingespart werden. Zudem kann der Rotations-Run-Out in der Drehachse und die Positionsfehlausrichtung zwischen der Drehachsenmitte und der Werkzeughaltermitte an der Werkzeughalteroberfläche korrigiert werden, und zwar sogar in einem Werkzeug, dessen Außenrandfläche nicht gemessen werden kann.

[0074] Da die Messung nicht für jedes Werkzeug durchgeführt werden muss, kann der maximale Betrag der Fehlausrichtung "r" und die Drehachsenkoordinate in der Fehlausrichtungsrichtung als der Betrag der Fehlausrichtung des abnehmbaren Klemmhalters von der Drehachsenmitte gespeichert werden. Als Folge der automatisch durchgeführten Korrektur während der anschließenden Werkzeugmessung und der Arbeitsschritte zur Erstellung des Bearbeitungswegs, kann die Anzahl der an der Messung des Betrags der Fehlausrichtung beteiligten Arbeitsstunden für jedes Werkzeug eingespart werden.

[2]

[0075] Der Messbereich auf der Außenrandfläche der Referenzverriegelungsvorrichtung ist beispielsweise auf der Rückseite an der Höhe der Werkzeugmitte. Die Rotationsposition der Drehachse wird mindestens zweimal geändert. Die Messung erfolgt in insgesamt drei Bereichen: einem ersten Bereich P1, dann einem Bereich P2, nach Drehung der Drehachse um θ° , und dann einem Bereich P3, nach Drehung der Drehachse um weitere θ° . Auf der Basis der entsprechenden Messergebnisse wird der maximale Rotations-Run-Out-Betrag als Betrag der Fehlausrichtung des abnehmbaren Klemmhalters von der Drehachsenmitte gespeichert. Das Berechnungsverfahren wird nachstehend beschrieben.

[3]

[0076] Das maximale Rotations-Run-Out-Ausmaß wird während der Positionierung des Berührungssensors korrigiert, wenn die Klingenfläche des Werkzeugs tatsächlich gemessen wird.

[4]

[0077] Zudem wird der Rotations-Run-Out korrigiert, wenn das Bearbeitungsprogramm zur Bearbeitung durch die Drahtelektrode auf der Basis der Klingenflächenmessung erstellt wird, während die Drahtelektroerosionsvorrichtung arbeitet.

[0078] Darüber hinaus wird die Position der Drahtelektrode oder die Position eines Arbeitstisches auf ähnliche Weise wie bei der Neigungsfehlerkorrektur im Zusammenhang mit der Drehpositionsordinate der Drehachse korrigiert, wenn die Berechnung auf der Basis der Klingenflächenmessung erfolgt, und die Drahtelektrode führt die Positionierung an einem Bearbeitungsweg durch, der aus dem Bearbeitungsprogramm ausgelesen wird, während die Drahtelektroerosionsvorrichtung läuft.

[5]

[0079] Bei dem Korrekturverfahren wird bei Messung der Klingenfläche oder bei Erstellung des Bearbeitungswegs ein Korrekturbetrag, berechnet durch den Korrekturbetrag $\Delta Y_n = \text{maximaler Fehlausrichtungsbetrag } "r" \cdot \cos(\alpha_n + \text{Fehlausrichtungsbetrag } "r")$ während der Y-Achsen-Positionierung korrigiert, wenn die durch die Drehachse positionierte Drehachse A_n ist.

[6]

[0080] Wird die Referenzverriegelungsvorrichtung verwendet, sinkt die Genauigkeit, wenn auch nur leicht, im Vergleich zu dem Messverfahren mit der Außenrandfläche des Werkzeugs, weil ein Fehler, der beim Befestigen des Werkzeugs durch den Klemmhalter auftritt, nicht korrigiert wird. Zur Korrektur dieses Fehlers muss zudem die Messung auf der Außenrandfläche des Werkzeugs für jedes Werkzeug durchgeführt werden, wie oben beschrieben.

[0081] Nachstehend wird das Messverfahren beschrieben.

[0082] Wie in der **Fig. 31** gezeigt, wird bei Verwendung des abnehmbaren Klemmhalters zur Befestigung des Werkzeugs an der Drehachse **22** eine stabförmige Referenzspannvorrichtung **200**, die als Referenz dient, oder mit anderen Worten, die Referenzverriegelungsvorrichtung vorher am Klemmhalter befestigt. Als Folge der Messung des Run-Outs der Außenrandfläche in der Referenzspannvorrichtung **200**

wird Arbeit zur Messung des Run-Out-Betrags für jedes Werkzeug eingespart. Zudem kann die Korrektur auch für Werkzeuge durchgeführt werden, deren Außenrandfläche nicht gemessen werden kann.

[0083] Die **Fig. 4A**, **Fig. 4B** und **Fig. 4C** sowie die **Fig. 5A**, **Fig. 5B** und **Fig. 5C** sind Schaubilder zur Erläuterung der Beispiele für die Form von Referenzspannvorrichtung **200**. Wie in den **Fig. 4A**, **Fig. 4B** und **Fig. 4C** beschrieben, wird die Referenzspannvorrichtung **200** zu einem festen oder hohlen Stab mit 5 mm bis 40 mm Durchmesser geformt, was nahezu dem Durchmesser und der Länge von 30 mm bis 300 mm eines gewöhnlichen Bearbeitungswerkzeugs entspricht. Die **Fig. 4C** zeigt die Referenzspannvorrichtung **200**, die mit einem Befestigungsteil integriert ist, das die Referenzspannvorrichtung **200** an der Drehachse befestigt.

[0084] Die **Fig. 5A** zeigt die feste stabförmige Referenzspannvorrichtung **200**. Die **Fig. 5B** zeigt die Referenzspannvorrichtung **200** mit einer horizontalen Oberfläche. Die **Fig. 5C** zeigt die Referenzspannvorrichtung **200**, die mit dem Befestigungsteil integriert ist, das die Referenzspannvorrichtung **200** an der Drehachse befestigt. Das Material, das die Referenzspannvorrichtung **200** ausmacht, ist vorzugsweise ein sehr harter Edelstahl, wie SUS420J2, der nicht rostet, selbst wenn er für lange Zeit in der Drahtelektroerosionsvorrichtung verwendet wird, und er wird nicht leicht beschädigt.

[0085] Das Verfahren zum Messen der Referenzspannvorrichtung **200** wird anhand von **Fig. 6** und **Fig. 7** beschrieben. **Fig. 6** ist ein Schaubild zur Erläuterung des Verfahrens zum Messen der Referenzspannvorrichtung **200** mit der Drahtelektrode **2**. **Fig. 7** ist ein Schaubild zur Erläuterung des Verfahrens zum Messen der Referenzspannvorrichtung **200** mit dem Berührungssensor **3**. Wie in **Fig. 6** und **Fig. 7** gezeigt, wird die Referenzspannvorrichtung **200** von einem an der Drehachse **22** befestigten Befestigungsteil gegriffen und dadurch an der Drehachse **22** befestigt. Hier ist das Befestigungsteil beispielsweise ein Werkzeughalter, wie der Klemmhalter.

[0086] Die Drahtelektrode **2** oder der Berührungssensor **3**, in diesem Fall eine Spitzenkugel **3b** eines Detektors **3a**, wird in Kontakt mit der Außenrandfläche der Referenzspannvorrichtung **200** untergebracht, und die Position wird erfasst. Zur Erfassung der Position der Außenrandfläche der Referenzspannvorrichtung **200** mit hoher Genauigkeit ist die Oberflächenrauheit vorzugsweise R_z 1 μm oder weniger oder R_a 0,1 μm oder weniger, und die Zirkularität der Außenrandfläche ist vorzugsweise 1 μm oder weniger, oder die Zylindrizität der Außenrandfläche ist vorzugsweise 1 μm oder weniger, so dass die Oberfläche mit hoher Genauigkeit erfasst werden

kann. Dies gilt entsprechend, wenn eine kontaktlose Erfassungsvorrichtung verwendet wird.

[0087] Wird die Vorderseite oder Rückseite der Außenrandfläche der zylindrischen Referenzverriegelungsvorrichtung an der Höhe der Drehachsenmitte durch die Spitzenkugel **3b** des Detektors **3a** des Berührungssensors **3** gemessen, beispielsweise selbst wenn der Durchmesser der Referenzverriegelungsvorrichtung 20 mm beträgt, und die Position der Referenzverriegelungsvorrichtung in Aufwärtsrichtung fehlausgerichtet ist als Folge eines Run-Outs von 0,1 mm, ist die Abweichung der Position der Außenrandfläche der Referenzverriegelungsvorrichtung 0,5 μm zwischen dem Auftreten der Positionsfehlausrichtung und dem Fehlen der Positionsfehlausrichtung. Daher kann die Messung durchgeführt werden, wenn die Messposition des Berührungssensors **3** an der Höhe des Drehzentrums verbleibt.

[0088] Die Verfahren zum Messen der Referenzspannvorrichtung **200** mit der Drahtelektrode **2** in den **Fig. 6A** und **Fig. 6B** wird beschrieben. Die **Fig. 6A** zeigt ein Verfahren zum Messen der Spitzenposition der Referenzspannvorrichtung **200**. Die Drahtelektrode **2** wird in Bezug auf die Referenzspannvorrichtung **200** in der X-Achsenrichtung bewegt oder mit anderen Worten in der Längsachsenrichtung der Referenzspannvorrichtung **200**. Der Kontakt der Drahtelektrode **2** mit der Spitze der Referenzspannvorrichtung **200** wird durch eine bereits bekannte Erfassungseinheit, oder eine Erfassungseinheit, die in diesem Fall in der Drahtelektroerosionsvorrichtung enthalten ist, erfasst. Die **Fig. 6B** zeigt ein Verfahren zum Messen des Außendurchmessers oder mit anderen Worten das Zentrum der Referenzspannvorrichtung **200**. Die Drahtelektrode **2** wird in Relation zur Referenzspannvorrichtung **200** in der Y-Achsenrichtung bewegt oder mit anderen Worten einer Richtung senkrecht zur Längsachse der Referenzspannvorrichtung **200**. Der Kontakt der Drahtelektrode **2** mit der Außenrandfläche der Referenzspannvorrichtung **200** wird durch eine bereits bekannte Erfassungseinheit oder in diesem Fall die in der Drahtelektroerosionsvorrichtung enthaltene Erfassungseinheit, erfasst.

[0089] Bei der Messung der Referenzspannvorrichtung **200** durch die Drahtelektrode **2**, wenn die Vorderseite oder Rückseite der Außenrandfläche der zylindrischen Referenzverriegelungsvorrichtung gemessen wird, kann selbst wenn der Durchmesser der Referenzverriegelungsvorrichtung 20 mm beträgt, beispielsweise die Position der Referenzverriegelungsvorrichtung in der Aufwärtsrichtung als Folge eines Run-Outs von 0,1 mm fehlausgerichtet wird, und die Position der Außenrandfläche variiert, die äußerste Seitenfläche jederzeit erfasst werden, da die Drahtelektrode **2** in vertikaler Richtung gedehnt wird.

[0090] Das in **Fig. 7** gezeigte Verfahren zum Messen der Referenzspannvorrichtung **200** mit dem Berührungssensor **3** wird beschrieben. Der Berührungssensor **3** wird in Relation zur Referenzspannvorrichtung **200** in der X-Achsenrichtung bewegt, oder mit anderen Worten in der Längsachsenrichtung der Referenzspannvorrichtung **200**. Der Kontakt des Berührungssensors **3** mit der Spitze der Referenzspannvorrichtung **200** wird erfasst. Demzufolge kann die Spitzenposition der Referenzspannvorrichtung **200** gemessen werden. Der Berührungssensor **3** wird in Bezug auf die Referenzspannvorrichtung **200** in der Z-Achsenrichtung bewegt oder mit anderen Worten einer Richtung senkrecht zur Längsachse der Referenzspannvorrichtung **200**. Der Kontakt des Berührungssensors **3** mit der Außenrandfläche der Referenzspannvorrichtung **200** wird erfasst. Demzufolge kann der Außendurchmesser oder die Mitte der Referenzspannvorrichtung **200** gemessen werden.

[0091] Die **Fig. 8A** und **Fig. 8B** sind Schaubilder zur Erläuterung eines Verfahrens zum Messen einer horizontalen Oberfläche der Referenzspannvorrichtung **200** mit dem Berührungssensor. Der Berührungssensor **3** wird gesenkt und erfasst die Position der horizontalen Oberfläche, die in der Referenzspannvorrichtung **200** bereitgestellt wird. Nach der Änderung der relativen Position des Berührungssensors **3** zum Bearbeitungstisch in der Y-Achsenrichtung wird eine veränderte Position auf einer einzelnen horizontalen Ebene erfasst. Ist die Höhe, die bei der zweiten Messung erfasst wird, gleich, befindet sich die in der Referenzspannvorrichtung **200** bereitgestellte horizontale Ebene in einem horizontalen Zustand.

[0092] Die **Fig. 9A** und **Fig. 9B** sind Schaubilder zur Erläuterung des Prinzips der Messung der Referenzspannvorrichtung **200** durch die Drahtelektrode **2**. Die Drahtelektrode **2** wird in Bezug auf die Referenzspannvorrichtung **200** aus der Längsachsenrichtung der Referenzspannvorrichtung **200** bewegt. Die Drahtelektrode **2** wird dann in Kombination mit der Referenzspannvorrichtung **200** untergebracht. Demzufolge kann die Länge der Referenzspannvorrichtung **200** gemessen werden. Die Drahtelektrode **2** wird in Bezug auf die Referenzspannvorrichtung **200** aus zwei Richtungen gegenüber der Seitenfläche der Referenzspannvorrichtung **200** bewegt. Die Drahtelektrode **2** wird dann in Kontakt mit der Referenzspannvorrichtung **200** untergebracht.

[0093] Die **Fig. 10A** und **Fig. 10B** sind Schaubilder zur Erläuterung des Prinzips der Messung der Referenzspannvorrichtung **200** durch den Berührungssensor **3**. Der Berührungssensor **3** wird in Bezug auf die Referenzspannvorrichtung **200** aus der Längsrichtung der Referenzspannvorrichtung **200** bewegt. Der Berührungssensor **3** wird dann in Kombination mit der Referenzspannvorrichtung **200** untergebracht. Demzufolge kann die Länge der Referenz-

spannvorrichtung **200** gemessen werden. Der Berührungssensor **3** wird in Bezug auf die Referenzspannvorrichtung **200** aus zwei Richtungen gegenüber der Seitenfläche der Referenzspannvorrichtung **200** bewegt. Der Berührungssensor **3** wird dann in Kontakt mit der Referenzspannvorrichtung **200** untergebracht.

[0094] Der Messbereich der Außenrandfläche der Referenzspannvorrichtung **200** ist beispielsweise eine Rückseitenfläche an der Höhe der Mitte der Referenzspannvorrichtung **200**. Die Messung erfolgt insgesamt achtmal, wobei die Drehposition der Drehachse **22** auf 45°-Intervalle eingestellt ist. Auf der Basis der jeweiligen Messergebnisse werden die tatsächliche Drehmittelposition der Drehachse **22** und der maximale Rotations-Run-Out-Betrag an der Drehposition berechnet und gespeichert.

[0095] Das Rotations-Run-Out-Ausmaß wird während der Positionierung des Berührungssensors korrigiert, wenn die Klingenfläche des Werkzeugs tatsächlich gemessen wird. Zudem wird der Rotations-Run-Out-Betrag korrigiert, wenn die Berechnung auf der Basis der Klingenflächenmessung durchgeführt wird, und der Bearbeitungsprogrammweg zur Bearbeitung durch die Drahtelektrode erstellt wird.

[0096] **Fig. 11** ist ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zum Erfassen einer Drehmittelposition **Y0**. Bei dem Korrekturverfahren, beispielsweise wenn die Rückseite an der Höhe der Mitte der Referenzspannvorrichtung **200** gemessen wird, werden eine Drehachsenkoordinate (**A1**) und ein Run-Out-Betrag (**Y1**) an einer Position, in der die durch den Rotations-Run-Out verursachte Positionsfehlausrichtung der Außenrandfläche zur Vorderseite (nachstehend als "−Y-Seite" bezeichnet) maximal ist, eine Drehachsenkoordinate (**A2**) und ein Run-Out-Betrag (**Y2**) an einer Stelle, in der die durch das Run-Out verursachte Positionsfehlausrichtung der Außenrandfläche zur Rückseite (nachstehend als "+Y-Seite" bezeichnet) maximal ist, sowie eine Drehachsenkoordinate (**A0**) und eine Drehmitte (**Y0**), berechnet aus den Drehachsenkoordinaten (**A1**) und (**A2**) und den Run-Out-Beträgen (**Y1**) und (**Y2**), gespeichert.

[0097] Wird die Klingenfläche gemessen oder wird der Bearbeitungsweg erzeugt, wird ein Run-Out-Betrag (**Yn**) des Werkzeugs in Bezug auf die Drehachsenkoordinate (**An**) aus dem gespeicherten Run-Out-Betrag und der Drehkoordinate berechnet. Der Fehler wird durch Justieren des Wegs korrigiert.

[0098] Auf der Basis der Messergebnisse werden eine Drehachsenkoordinate (**A1**) und ein Run-Out-Betrag (**Y1**) an einer Position, in der die durch den Rotations-Run-Out verursachte Positionsfehlausrichtung der Außenrandfläche zur +Y-Seite minimal ist, eine Drehachsenkoordinate (**A2**) und ein Run-Out-

Betrag (Y2) an einer Stelle, in der die durch den Rotations-Run-Out verursachte Positionsfehlausrichtung der Außenrandfläche zur +Y-Seite minimal ist, sowie eine Drehachsenkoordinate (A0) und eine Drehmitte (Y0), berechnet aus den Drehachsenkoordinaten (A1) und (A2) und den Run-Out-Beträgen (Y1) und (Y2), gespeichert.

[0099] Die Drehachsenkoordinate und der Run-Out-Betrag werden als Betrag der Fehlausrichtung des abnehmbaren Klemmhalters von der Drehachsenmitte gespeichert. Als Folge der Korrektur, die während der anschließenden Schritte Werkzeugmessung und Erstellung des Werkzeugbearbeitungswegs automatisch erfolgt, kann eine Anzahl Arbeitsstunden, die zur Messung des Fehlausrichtungsausmaßes für jedes Werkzeug aufgewendet werden müssen, eingespart werden.

[0100] Im Vergleich zu dem Verfahren zur Messung mittels Außenrandfläche eines Werkzeugs ist die Genauigkeit schlecht, weil ein Fehler nicht korrigiert wird, der beim Befestigen des Werkzeugs durch den Klemmhalter auftritt.

[0101] Zur Korrektur dieses Fehlers muss auch die Messung auf der Außenrandfläche des Werkzeugs für jedes Werkzeug durchgeführt werden.

<Zweite Ausführungsform>

Ausführungsform, in der ein
Werkzeug gemessen wird

[1]

[0102] Eine höchst genaue Außenrandfläche des an der Drehachse befestigten Drehwerkzeugs nahe der Schneidklinge wird durch einen Berührungssensor, eine kontaktlose Erfassungsvorrichtung oder eine Kontakterfassungsfunktion gemessen, die von der in der Drahtelektroerosionsvorrichtung enthaltenen Drahtelektrode bereitgestellt wird.

[2]

[0103] Der Messbereich auf der Außenrandfläche ist beispielsweise eine Rückseite an der Höhe der Werkzeugmitte. Die Drehposition der Drehachse wird mindestens zweimal geändert. Die Messung wird insgesamt in drei Bereichen durchgeführt: einem ersten Bereich P1, dann einem Bereich P2, nach Drehung der Drehachse um θ° , und dann einem Bereich P3, nach Drehung der Drehachse um weitere θ° . Auf der Basis der jeweiligen Messergebnisse wird die tatsächliche Drehmittelposition der Drehachse und ein maximaler Rotations-Run-Out-Betrag an der Drehposition berechnet und gespeichert.

[0104] Das Berechnungsverfahren wird nachstehend beschrieben.

[3]

[0105] Der maximale Rotations-Run-Out-Betrag wird während der Positionierung des Berührungssensors bei der tatsächlichen Messung der Klingenfläche des Werkzeugs korrigiert.

[4]

[0106] Zudem wird der Rotations-Run-Out korrigiert, wenn das Bearbeitungsprogramm zum Bearbeiten der Drahtelektrode auf der Basis der Klingenflächenmessung bei Betrieb der Drahtelektroerosionsvorrichtung erstellt wird.

[5]

[0107] Bei dem Korrekturverfahren wird bei der Messung der Klingenfläche oder bei der Erstellung des Bearbeitungswegs, die Korrektur während der Y-Achsenpositionierung mit einem Korrekturbetrag vorgenommen, der berechnet wird aus dem Korrekturbetrag $\Delta Y_n = \text{maximaler Fehlausrichtungsbetrag } "r" \cdot \cos(A_n + \text{Fehlausrichtungsbetrag } "\alpha")$, wenn die durch die Drehachse positionierte Drehachsenkoordinate gleich A_n ist.

[0108] Fig. 12A und Fig. 12B sind Schaubilder zur Erläuterung von Verfahren zur Messung der Werkzeugbefestigungsposition mittels Drahtelektrode. Fig. 12A zeigt ein Verfahren, bei dem die Spitzenposition des Werkzeughauptkörpers **100** gemessen wird. Die Drahtelektrode **2** wird in Bezug auf den Werkzeughauptkörper **100** in der X-Achsenrichtung bewegt, oder mit anderen Worten, der Längsachsenrichtung des Werkzeughauptkörpers **100**. Der Kontakt der Drahtelektrode **2** mit der Spitze des Werkzeughauptkörpers **100** wird durch eine bereits bekannte Erfassungseinheit oder in diesem Fall eine Erfassungseinheit, die in der Drahtelektroerosionsvorrichtung enthalten ist, erfasst. Fig. 12B zeigt ein Verfahren zur Messung des Außendurchmessers der Mitte des Werkzeughauptkörpers **100**. Die Drahtelektrode **2** wird in Bezug auf den Werkzeughauptkörper in der Y-Achsenrichtung bewegt, oder mit anderen Worten in der Richtung senkrecht zur Längsachse des Werkzeughauptkörpers **100**. Der Kontakt der Drahtelektrode **2** mit der Außenrandfläche des Hauptkörpers **100** wird durch eine bereits bekannte Erfassungseinheit oder in diesem Fall eine Erfassungseinheit, die in der Drahtelektroerosionsvorrichtung enthalten ist, erfasst.

[0109] Fig. 13 ist ein Schaubild zur Erläuterung eines Verfahrens zur Messung der Werkzeugbefestigungsposition mit dem Berührungssensor. Der Berührungssensor **3** wird in Bezug auf den Werkzeug-

hauptkörper **100** in der X-Achsenrichtung bewegt, oder mit anderen Worten in der Längsachsenrichtung des Werkzeughauptkörpers **100**. Der Kontakt des Berührungssensors **3** mit der Spitze des Werkzeughauptkörpers **100** wird erfasst. Als Ergebnis lässt sich die Spitzenposition des Werkzeughauptkörpers **100** messen. Der Berührungssensor **3** wird in Bezug auf den Werkzeughauptkörper **100** in der Z-Achsenrichtung bewegt, oder mit anderen Worten in der Richtung senkrecht zur Längsachse der Referenzspannvorrichtung **200**. Der Kontakt des Berührungssensors **3** mit der Außenrandfläche des Werkzeughauptkörpers **100** wird erfasst. Demzufolge lässt sich der Außendurchmesser oder die Mitte des Werkzeughauptkörpers **100** messen.

[0110] Die **Fig. 14A** und **Fig. 14B** sind Schaubilder zur Erläuterung des Prinzips der Messung eines beliebigen Werkzeugs durch den Berührungssensor. Der Messbereich auf der Außenrandfläche des Werkzeughauptkörpers **100** eines PCD-Werkzeugs ist beispielsweise eine Rückseitenfläche an der Höhe der Werkzeugmitte. Die Messung erfolgt insgesamt achtmal, wobei die Drehposition der Drehachse auf 45° Intervalle eingestellt ist. Auf der Basis der jeweiligen Messergebnisse werden die tatsächliche Drehmittelposition der Drehachse und der maximale Rotations-Run-Out-Betrag an der Drehposition berechnet und gespeichert.

[0111] Der Rotations-Run-Out-Betrag wird während der Positionierung des Berührungssensors korrigiert, wenn die Klingenfläche des Werkzeugs tatsächlich gemessen wird. Zudem wird der Rotations-Run-Out-Betrag korrigiert, wenn die Berechnung auf der Basis der Klingenflächenmessung erfolgt, und der Bearbeitungsprogrammweg zur Bearbeitung durch die Drahtelektrode erstellt wird.

[0112] Bei dem Korrekturverfahren werden beispielsweise bei der Messung der Rückseite an der Höhe der Werkzeugmitte eine Drehachsenkoordinate (A1) und ein Run-Out-Betrag (Y1) an einer Position, an der die durch den Rotations-Run-Out verursachte Positionsfehlausrichtung der Außenrandfläche zur Vorderseite (nachstehend als "–Y-Seite" bezeichnet) maximal ist, eine Drehachsenkoordinate (A2) und ein Run-Out-Betrag (Y2) an einer Position, in der die durch den Rotations-Run-Out verursachte Positionsfehlausrichtung der Außenrandfläche zur Rückseite (nachstehend als "+Y-Seite" bezeichnet) maximal ist, und eine Drehachsenkoordinate (A0) und eine Drehmitte (Y0), berechnet aus den Drehachsenkoordinaten (A1) und (A2) und den Run-Out-Beträgen (Y1) und (Y2), gespeichert.

[0113] Wird die Klingenfläche gemessen oder wird der Bearbeitungsweg erzeugt, wird ein Run-Out-Betrag (Yn) des Werkzeugs in Bezug auf die Drehachsenkoordinate (An) aus dem gespeicherten maxima-

len Run-Out-Betrag und der Drehkoordinate berechnet. Der Fehler wird auf dem Weg korrigiert.

[0114] Auf der Basis der Messergebnisse werden eine Drehachsenkoordinate (A1) und ein Run-Out-Betrag (Y1) an einer Position, in der die durch den Rotations-Run-Out verursachte Positionsfehlausrichtung der Außenrandfläche zur –Y-Seite minimal ist, eine Drehachsenkoordinate (A2) und ein Run-Out-Betrag (Y2) an einer Position, in der die durch den Run-Out verursachte Positionsfehlausrichtung der Außenrandfläche zur +Y-Seite minimal ist, und eine Drehachsenkoordinate (A0) und eine Drehmitte (Y0), berechnet aus den Drehachsenkoordinaten (A1) und (A2) und den Run-Out-Beträgen (Y1) und (Y2), gespeichert.

[0115] Die Drehachsenkoordinate und der Run-Out-Betrag werden als Fehlausrichtungsbetrag des abnehmbaren Klemmhalters von der Drehachsenmitte gespeichert. Als Folge der Korrektur, die während der anschließenden Schritte Werkzeugmessung und Erstellung des Werkzeugbearbeitungswegs automatisch erfolgt, kann die Anzahl Arbeitsstunden, die an der Messung des Fehlausrichtungsbetrags beteiligt sind, gespart werden.

[0116] Die Genauigkeit ist jedoch schlecht im Vergleich zu Verfahren zur Messung mittels Außenrandfläche eines Werkzeugs, da ein Fehler, der auftritt, wenn das Werkzeug durch den Klemmhalter befestigt wird, nicht korrigiert wird. Zur Korrektur dieses Fehlers muss auch die Messung auf der Außenrandfläche des Werkzeugs für jedes Werkzeug durchgeführt werden.

[0117] Wird der Freiwinkel einer Freifläche der Schneidklinge auf einen großen Winkel eingestellt, lässt sich der Draht schwer kippen und die Freifläche bearbeiten. In diesem Fall erfolgt die Bearbeitung durch die Drehachse, die um den Freiwinkel gedreht wird, und die Freifläche und eine Drahtelektrodenleitung, die die Freifläche bearbeitet, die in einem vertikalen Zustand gehalten wird. Auf dem Bearbeitungsweg wird in diesem Fall ein Wert, der durch (Radiuswert im Programm + Fehler im Run-Out-Betrag an der Drehposition, in der die Drehachse um den Freiwinkel verschoben wird) $\times \cos(\text{Freiwinkel})$ berechnet wird, als Radiuswert des Drehwinkels zur Drehmitte verwendet.

[0118] Die oben beschriebenen Korrekturen können bei Schneidwerkzeugen angewendet werden, deren Schneidklinge aus anderen Materialien als PCD und PCBN besteht, zusätzlich zu Schneidwerkzeugen, deren Schneidklinge aus PCD und PCBN besteht. Die Arbeitsstunden für die Justierung, die zur Erhaltung des Rotations-Run-Outs in annehmbaren Grenzen erforderlich sind, ist nicht erforderlich, und die Arbeitsstunden können erheblich reduziert wer-

den. Ein Präzisionsdrehwerkzeug mit niedrigem Rotations-Run-Out kann leicht erzeugt werden, selbst durch ein günstiges Befestigungsverfahren, in dem ein Rotations-Run-Out auftritt.

[0119] Die **Fig. 15A**, **Fig. 15B** und **Fig. 15C** sind Schaubilder zur Erläuterung eines Verfahrens zum Messen von Rotations-Run-Out. Die Fehlausrichtung eines Werkzeugs oder einer Referenzspannvorrichtung in Y-Richtung wird durch die gedrehte Drehachse gemessen.

[0120] Die **Fig. 16A**, **Fig. 16B** und **Fig. 16C** sind Schaubilder zur Erläuterung der Präzisionswerkzeugbearbeitung, die durch die Rotations-Run-Out-Korrektur aktualisiert wird. Die Präzisionswerkzeugbearbeitung kann durch den Rotations-Run-Out erfolgen, der durch die korrigierte Messung erhalten wird.

[0121] Die **Fig. 17A**, **Fig. 17B**, und **Fig. 17C** sind Schaubilder zur Erläuterung der Präzisionswerkzeugbearbeitung, die durch die Rotations-Run-Out-Korrektur bei der Bearbeitung der Freiflächen aktualisiert wird. Beträgt der Freiwinkel 30° und erfolgt die Bearbeitung mit der Freifläche in einem vertikalen Zustand, ist der Korrekturbetrag des Run-Outs in der Y-Richtung ein Korrekturbetrag, der durch den Rotations-Run-Out-Betrag an der Drehachsenkoordinate an einer Position erhalten wird, die um einen Betrag korrigiert wird, die dem Freiwinkel multipliziert mit $\cos(30^\circ)$ entspricht.

[0122] Die Verfahren zur Berechnung des Rotations-Run-Outs werden nachstehend anhand der **Fig. 18** bis **Fig. 25** beschrieben.

<Bei der Messung eines Werkzeugs oder einer Referenzverriegelungsvorrichtung, die von der Drehmitte um eine Distanz "r" und einen Winkel "α" am ersten Messpunkt während der Messung des Außenrands des Werkzeugs oder des Außenrands der Referenzverriegelungsvorrichtung fehlausgerichtet ist>

[0123] Die Drehachsenposition des ersten Messpunktes wird auf $A = 0^\circ$ gestellt. Die Position des Kontakts mit dem Außenrand wird durch die Drahtelektrode bestimmt, und die Messposition P1 wird gemessen. Die Koordinate des Messpunktes P1 ist beispielsweise eine Positionskoordinate, die in der –Y-Richtung von einer Y-Koordinate = 0 eines Referenzpunktes P0 bewegt wurde. **Fig. 18** ist ein Schaubild einer Ansicht von der Spitze (+X-Seite) des an der Drehachse befestigten Werkzeugs zum Befestigungsteil (–X-Seite) der Drehachse. Die runde Form, die durch die gestrichelte Linie gebildet wird, zeigt den ursprünglichen Außenrand des Werkzeugs, wenn noch keine Fehlausrichtung aufgetreten ist. Die gestrichelten Linien, die ein Kreuz bilden, zeigen die Referenzlinien der Drehmitte der Drehachse.

[0124] Wie in der **Fig. 19** gezeigt, wird die Positionsfehlausrichtung (siehe **Fig. 18**) gemessen, und der Fehlausrichtungsbetrag "r" und der Fehlausrichtungswinkel "α" werden berechnet. Die Drehachse ist in einer Drehposition positioniert, die die Messung durch die Drahtelektrode nicht beeinträchtigt. Demzufolge kann der Außenrand des Werkzeugs oder der Außenrand der Referenzverriegelungsvorrichtung genau gemessen werden. Die Drehmitte "PC" und der Außenraddurchmesser "d" des Werkzeugs können bestimmt werden.

[0125] Wie in der **Fig. 20** gezeigt, ist bei der Bearbeitung beispielsweise der maximale Run-Out-Betrag in der +Y-Richtung gleich "r" an der Position, in der die Position der Drehachse von der ersten Messposition $A = 0$ um α° nach rechts gedreht wird. Daher erfolgt an dieser Position die Korrektur, wobei die Position der Drahtelektrode um "r" verschoben wird.

[0126] Wie in der **Fig. 21** ähnlich gezeigt, ist der maximale Run-Out-Betrag in der –Y-Richtung gleich "r" an der Position, in der die Position der Drehachse von der ersten Messposition $A = 0$ um $180 - \alpha^\circ$ nach links gedreht wird. Daher erfolgt an dieser Position die Korrektur, wobei die Position der Drahtelektrode um "r" verschoben wird.

[0127] Der Korrekturbetrag wird zusammen mit der Positionierungs-Position-A-Koordinate der Drehachse berechnet, und die Positionierungsposition der Drahtelektrode wird korrigiert. Der Korrekturbetrag wird beispielsweise durch $\Delta Y = r \times \cos(A + \alpha)$ berechnet.

[0128] In der **Fig. 22** ist ein Verfahren zur Berechnung eines Fehlausrichtungsbetrags des Zentrums beschrieben.

[0129] Die Außenrandposition des Werkzeugs wird an den Drehkoordinatenpositionen von mindestens drei Bereichen gemessen: an der Drehachsenposition $A = 0$ während der ersten Messung eines Punktes auf dem Außenrand des Werkzeugs, einer Drehachsenposition $A = \theta$ während der nächsten Messung, einer Drehachsenposition $A = 2\theta$ während der Messung danach. Der Fehlausrichtungsbetrag "r" und der Fehlausrichtungs-Richtungswinkel "α" werden bestimmt aus den entsprechenden Messpunkten P1, P2, und P3, und der Drehkoordinate mit den folgenden arithmetischen Ausdrücken.

$$\alpha = \arctan[\sin(\theta)/(c/b - \cos(\theta))] - \theta/2$$

$$r = b/[2 \cdot \sin(\theta/2 + \alpha) \cdot \sin(\theta/2)]$$

[0130] Die Koordinate jedes Messpunktes ist eine Y-Richtungs-Koordinate und ist ein positiver Wert in der Richtung, die durch den Pfeil nach rechts angegeben wird.

$$a = 2 \cdot r \cdot \sin(\theta/2)$$

$$b = P1 - P2, c = P2 - P3$$

[0131] In der **Fig. 23** wird auf ähnliche Weise wie in **Fig. 22** das Verfahren zur Berechnung des Mittel-Fehlausrichtungsbetrags beschrieben. Die relativen Positionsbeziehungen von P1, P2 und P3, an der der Außenrand des Werkzeugs durch die Drahtelektrode gemessen wird, entsprechen den Positionsbeziehungen der Werkzeugmittelpositionen an den entsprechenden Positionen der Drehachse. Daher werden in der **Fig. 23** und in den nachfolgenden Zeichnungen die Drehachsenmitte PC und die Werkzeugmittelpositionen P1, P2 und P3 in den Beschreibungen der Berechnungsformeln verwendet. Die Position, die von der P1-Position um θ° gedreht wird, ist P2. Die Position bei weiterer Drehung um θ° ist P3.

[0132] Ein Liniensegment wird aus der Drehachsenmitte zur Werkzeugmitte P1 an der ersten Messposition P1 gezogen. Liniensegmente von PC zu P2 und von PC zu P3 sind entsprechend gezeichnet. Die Distanzen zwischen PC und P1, zwischen PC und P2 und zwischen PC und P3 sind jeweils der Fehlausrichtungsbetrag "r". Anschließend werden Liniensegmente von P1 zu P2 und von P2 zu P3 gezeichnet.

[0133] Die Distanzen zwischen P1 und P2 und zwischen P2 und P3 können durch $a = 2 \cdot r \cdot \sin(\theta/2)$ bestimmt werden. Die Distanz in der Y-Richtung zwischen P1 und P2 kann durch $b = Y1 - Y2$ bestimmt werden, und die Distanz in der Y-Richtung zwischen P2 und P3 kann durch $b = Y1 - Y2$ bestimmt werden.

[0134] Das Berechnungsverfahren, bei dem P1 bis P3 in einem ersten Quadranten zugegen sind, wird zuerst anhand von **Fig. 24** beschrieben. Werden eine dicke vertikale Linie an der Werkzeugmitte P1 während der ersten Messung des Punktes auf dem Außenrand des Werkzeugs und ein Liniensegment aus der Drehachsenmitte PC in einem Fehlausrichtungswinkel α gezogen, und wird ein Liniensegment von Punkt P1 zu Punkt P2 gezogen, gilt auf der Basis des Beziehungswinkels $\beta_1 + \delta + \gamma = 180^\circ$, $\beta_1 = \theta/2 + \alpha$. Hier gilt $\delta = (180^\circ - \theta)/2$ und $\gamma = 90 - \alpha$. Zudem wird als trigonometrische Funktion $\sin(\beta_1) = b/a$ aufgestellt. Daher ist

$$\sin(\theta/2 + \alpha) = b/(2 \cdot r \cdot \sin(\theta/2)) \quad (\text{Term 1}).$$

[0135] Werden anschließend eine dicke vertikale Linie an Punkt P2 und ein Liniensegment aus der Drehachsenmitte PC in einem Winkel, der der Fehlausrichtungswinkel α + Rotationswinkel θ ist, gezogen, und wird ein Liniensegment von Punkt P2 zu Punkt P3 auf eine ähnliche Weise wie oben gezogen, ist der Winkel $\beta_2 = 3 \cdot \theta/2 + \alpha$. Zudem wird als trigonometrische Funktion $\sin(\beta_2) = c/a$ aufgestellt. Daher gilt

$$\sin(3 \cdot \theta/2 + \alpha) = c/(2 \cdot r \cdot \sin(\theta/2)) \quad (\text{Term 2}).$$

[0136] Der erste Fehlausrichtungswinkel " α " lässt sich aus Term 1 und Term 2 bestimmen:

$$\alpha = \tan^{-1}[\sin(\theta)/(c/b \cdot \cos(\theta))] - \theta/2$$

[0137] Zudem kann der Fehlausrichtungsbetrag "r" wie folgt bestimmt werden:

$$r = b/[2 \cdot \sin(\theta/2 + \alpha) \cdot \sin(\theta/2)]$$

oder

$$r = c/[2 \cdot \sin(3 \cdot \theta/2 + \alpha) \cdot \sin(\theta/2)]$$

[0138] In **Fig. 25** wird das Berechnungsverfahren beschrieben, wenn P1 im ersten Quadrant, P2 im zweiten Quadrant und P3 im dritten Quadranten zugegen ist. Die Beziehung $\sin(\beta_1) = b/a$ auf der Basis von P1 und P2 und die Beziehung $(\beta_2) = c/a$ auf der Basis von P2 und P3 ähneln denjenigen im vorstehenden Beispiel.

$$\beta_1 = 90 - \delta = 180 - (\theta/2 + \alpha)$$

$$\delta = 90 - \gamma - (180 - \theta)/2, \gamma = 90 - \alpha$$

$$\beta_2 = 180 - \beta_1 - (180 - \theta)/2 - (180 - \theta)/2 \\ = -180 + (3 - \theta/2 + \alpha)$$

$$\sin(\beta_1) = \sin(180 - (\theta/2 + \alpha)) = \sin(\theta/2 + \alpha)$$

$$\sin(\beta_2) = \sin((3 \cdot \theta/2 + \alpha) - 180) = -\sin(3 \cdot \theta/2 + \alpha)$$

[0139] Die Position von P3 ist näher zur +Y-Seite als P2. Zu diesem Zeitpunkt ist der Wert c ein negativer Wert. Wird somit der Ausdruck $\sin(\beta_2) = c/a$ angewendet, stimmen die Symbole überein.

[0140] Auf diese Weise werden Ausdruck 1 und Ausdruck 2 unabhängig vom Quadranten jeweils als Berechnungsformeln aufgestellt. Daher können der Fehlausrichtungswinkel " α " und der Fehlausrichtungsbetrag "r" korrekt bestimmt werden, wie oben beschrieben.

[0141] Insbesondere wenn $\theta = 90^\circ$ können die Berechnungsformeln folgendermaßen vereinfacht werden und sind somit praktisch:

$$\alpha = \tan^{-1}(c/b) - \theta/2$$

$$r = b/(\sin(\alpha) + \cos(\alpha))$$

oder

$$r = c/(\cos(\alpha) - \sin(\alpha))$$

[0142] Die **Fig. 26A** und **Fig. 26B** sind Schaubilder zur Erläuterung eines Verfahrens zur Bestimmung des Rotations-Run-Outs.

[0143] Die Außenrandfläche wird an der Position gemessen, in der die Drehachsenkoordinate $A1 = 0^\circ$ aufweist. Der Fehler in Bezug auf die Außenrandflächenkoordinate bei nicht erfolgtem Run-Out ist $Y1$. Die Messung wird entsprechend jedes Mal durchgeführt, wenn die Drehachse um 10° gedreht wird. Die jeweiligen Drehkoordinaten $A1$ bis $A35$ und die Messfehlerbeträge $Y1$ bis $Y35$ werden gespeichert. Auf der Basis der gespeicherten Fehlerbeträge erfolgt die Korrektur mit dem für den Winkel A gespeicherten Fehlerbetrag gemäß dem Winkel A , für den ein Befehl bei der Bearbeitung gegeben wurde. Da das Messintervall ein Winkel von 10° ist, wenn ein Befehl für einen Zwischenwinkel gegeben wird, kann eine verteilte Interpolation des Winkels und des Fehlerbetrags durchgeführt werden. Alternativ kann der gleiche Fehlerbetrag in einem Bereich von $\pm 5^\circ$ verwendet werden. Beträgt der Drehwinkel 10° , ist der Unterschied im Fehlerbetrag gering, und die Interpolation kann als unnötig erachtet werden.

[0144] Die **Fig. 27A** und **Fig. 27B** sind Schaubilder zur Erläuterung eines weiteren Verfahrens zur Bestimmung des Rotations-Run-Outs. Wird der Rotations-Run-Out nur in vier Bereichen gemessen, erfolgt die Messung bei 45° , 135° , 225° und 315° . Es erfolgt eine Cosinus-Anpassung, die durch die vier Punkte verläuft, und der Fehlerbetrag an einem beliebigen Winkel kann berechnet werden.

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 2013-111691 [0002, 0004]
- JP 2012-143830 [0008]
- JP 8-171407 [0009]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung eines Schneidwerkzeugs, umfassend Messen einer Position einer Klingenfläche in einem an einer Drehachse befestigten Schneidwerkzeug, durch einen Berührungssensor oder eine kontaktlose Positionserfassungsvorrichtung zum Erstellen eines Bearbeitungsprogramms auf der Basis der gemessenen Position und zum Bearbeiten eines Klingenabschnitts des Schneidwerkzeugs durch Drahtelektroerosion, wobei das Verfahren zur Bearbeitung eines Schneidwerkzeugs umfasst:

Befestigen einer stabförmigen Referenzverriegelungsvorrichtung an der Drehachse;

Durchführen der Drehpositionierung in mindestens drei Drehwinkelpositionen um die Drehachse;

Messen einer Position in einem Außenrandabschnitt nahe einer Höhe des Drehzentrums in einer Richtung, die sich einer Außenrandfläche der Referenzverriegelungsvorrichtung annähert, zur Messung an jeder Drehwinkelposition mit dem Berührungssensor, der kontaktlosen Positionserfassungsvorrichtung, oder einer Drahtelektrode;

Speichern der gemessenen Positionen in einer Speichereinheit als Rotations-Run-Out-Positionsinformation für die Drehwinkelpositionen;

Berechnen einer Mittelkoordinate des Rotations-Run-Outs, und einer Drehkoordinate und eines Run-Out-Fehlers jeder Drehwinkelposition auf der Basis der gespeicherten Rotations-Run-Out-Positionsinformation; und

Korrigieren des Bearbeitungsprogramms oder eines Bearbeitungswegs zur Beseitigung des berechneten Rotations-Run-Out-Fehlers, wenn das Schneidwerkzeug an der Drehachse befestigt und bearbeitet wird.

2. Drahtelektroerosionsvorrichtung zum Messen einer Position einer Klingenfläche in einem an einer Drehachse befestigten Schneidwerkzeug durch einen Berührungssensor oder eine kontaktlose Positionserfassungsvorrichtung zum Erstellen eines Bearbeitungsprogramms auf der Basis der gemessenen Position und zum Bearbeiten eines Klingenabschnitts des Schneidwerkzeugs, wobei die Drahtelektroerosionsvorrichtung umfasst:

eine Speichereinheit, die so konfiguriert ist, dass sie als Rotations-Run-Out-Positionsinformation für mindestens drei Drehwinkelpositionen Positionen in einem Außenrandabschnitt nahe einer Höhe des Drehzentrums speichert, die gemessen wird in einer Richtung, die sich einer Außenrandfläche der Referenzverriegelungsvorrichtung nähert, zur Messung an jeder Drehwinkelposition durch den Berührungssensor, die kontaktlose Positionserfassungsvorrichtung, oder eine Drahtelektrode in einem Zustand, in dem die stabförmige Referenzverriegelungsvorrichtung an der Drehachse befestigt ist;

eine Einheit zur Berechnung des Run-Out-Fehlers, die so konfiguriert ist, dass sie eine Mittelkoordina-

te des Rotations-Run-Outs, und eine Drehkoordinate und einen Run-Out-Fehler jeder Drehwinkelposition auf der Basis der gespeicherten Rotations-Run-Out-Positionsinformation berechnet; und

eine Programmkorrektureinheit oder eine Einheit zur Korrektur des Bearbeitungswegs, die so konfiguriert sind, dass sie das Bearbeitungsprogramm oder einen Bearbeitungsweg korrigieren, so dass der berechnete Rotations-Run-Out-Fehler beseitigt wird, wenn das Schneidwerkzeug an der Drehachse befestigt und bearbeitet wird.

3. Verfahren zur Bearbeitung eines Schneidwerkzeugs, umfassend das Messen einer Position einer Klingenfläche in einem an der Drehachse befestigten Schneidwerkzeug durch einen Berührungssensor oder eine kontaktlose Positionserfassungsvorrichtung, Erstellen eines Bearbeitungsprogramms auf der Basis der gemessenen Position, und Bearbeiten eines Klingenabschnitts des Schneidwerkzeugs durch Drahtelektroerosion, wobei das Verfahren zur Bearbeitung eines Schneidwerkzeugs umfasst:

Befestigen des Schneidwerkzeugs an der Drehachse;

Durchführen der Drehpositionierung in mindestens drei Drehwinkelpositionen um die Drehachse;

Messen einer Position in einem Außenrandabschnitt nahe einer Höhe des Drehzentrums in einer Richtung, die sich einem zylindrischen Außenrandabschnitt des Schneidwerkzeugs nähert, zur Messung an jeder Drehwinkelposition mit dem Berührungssensor, der kontaktlosen Positionserfassungsvorrichtung, oder einer Drahtelektrode;

Speichern der gemessenen Positionen in einer Speichereinheit als Rotations-Run-Out-Positionsinformation; und

Berechnen einer Mittelkoordinate des Rotations-Run-Outs, und einer Drehkoordinate und eines Run-Out-Fehlers jeder Drehwinkelposition auf der Basis der gespeicherten Rotations-Run-Out-Positionsinformation; und

Korrigieren des Bearbeitungsprogramms oder eines Bearbeitungswegs zur Beseitigung des berechneten Rotations-Run-Out-Fehlers, wenn das Schneidwerkzeug bearbeitet wird.

4. Drahtelektroerosionsvorrichtung zum Messen einer Position einer Klingenfläche in einem an einer Drehachse befestigten Schneidwerkzeug durch einen Berührungssensor oder eine kontaktlose Positionserfassungsvorrichtung zum Erstellen eines Bearbeitungsprogramms auf der Basis der gemessenen Position und zum Bearbeiten eines Klingenabschnitts des Schneidwerkzeugs, wobei die Drahtelektroerosionsvorrichtung umfasst:

eine Speichereinheit, die so konfiguriert ist, dass sie als Rotations-Run-Out-Positionsinformation für mindestens drei Drehwinkelpositionen Positionen in einem Außenrandabschnitt nahe einer Höhe des Drehzentrums speichert, die gemessen wird in einer Rich-

tung, die sich einem zylindrischen Außenrandabschnitt des Schneidwerkzeugs nähert, zur Messung an jeder Drehwinkelposition durch den Berührungssensor, die kontaktlose Positionserfassungsvorrichtung, oder eine Drahtelektrode in einem Zustand, in dem das Schneidwerkzeug an der Drehachse befestigt ist;

eine Einheit zur Berechnung des Run-Out-Fehlers, die so konfiguriert ist, dass sie eine Mittelkoordinate des Rotations-Run-Outs, und eine Drehkoordinate und einen Run-Out-Fehler jeder Drehwinkelposition auf der Basis der gespeicherten Run-Out-Positionsinformation berechnet; und

eine Programmkorrektureinheit oder eine Einheit zur Korrektur des Bearbeitungswegs, die so konfiguriert sind, dass sie das Bearbeitungsprogramm oder einen Bearbeitungsweg korrigieren, so dass der berechnete Rotations-Run-Out-Fehler beseitigt wird, wenn das Schneidwerkzeug bearbeitet wird.

5. Verfahren zur Bearbeitung eines Schneidwerkzeugs nach einem der Ansprüche 1 oder 3, zudem umfassend:

Erfassen einer oberen Endflächenposition des Außenrandabschnitts von einer oberen Position der Referenzverriegelungsvorrichtung oder des Schneidwerkzeugs an dem Drehzentrum in einer Richtung, die sich dem Außenrandabschnitt zur unteren Seite nähert, anstelle der Position in dem Außenrandabschnitt nahe der Höhe des Drehzentrums, wenn der Außenrandabschnitt der Referenzverriegelungsvorrichtung oder der zylindrische Außenrandabschnitt des Schneidwerkzeugs von dem Berührungssensor oder von der kontaktlosen Positionserfassungsvorrichtung gemessen wird.

6. Drahtelektroerosionsvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 oder 4, zudem umfassend:

eine Einheit, die so konfiguriert ist, dass sie eine obere Endflächenposition des Außenrandabschnitts von einer oberen Position der Referenzverriegelungsvorrichtung oder des Schneidwerkzeugs am Drehzentrum in einer Richtung erfasst, die sich dem Außenrandabschnitt zur unteren Seite nähert, anstelle der Position im Außenrandabschnitt nahe der Höhe des Drehzentrums, wenn der Außenrandabschnitt der Referenzverriegelungsvorrichtung oder der zylindrische Außenrandabschnitt des Schneidwerkzeugs durch den Berührungssensor oder die kontaktlose Positionserfassungsvorrichtung gemessen wird.

Es folgen 27 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

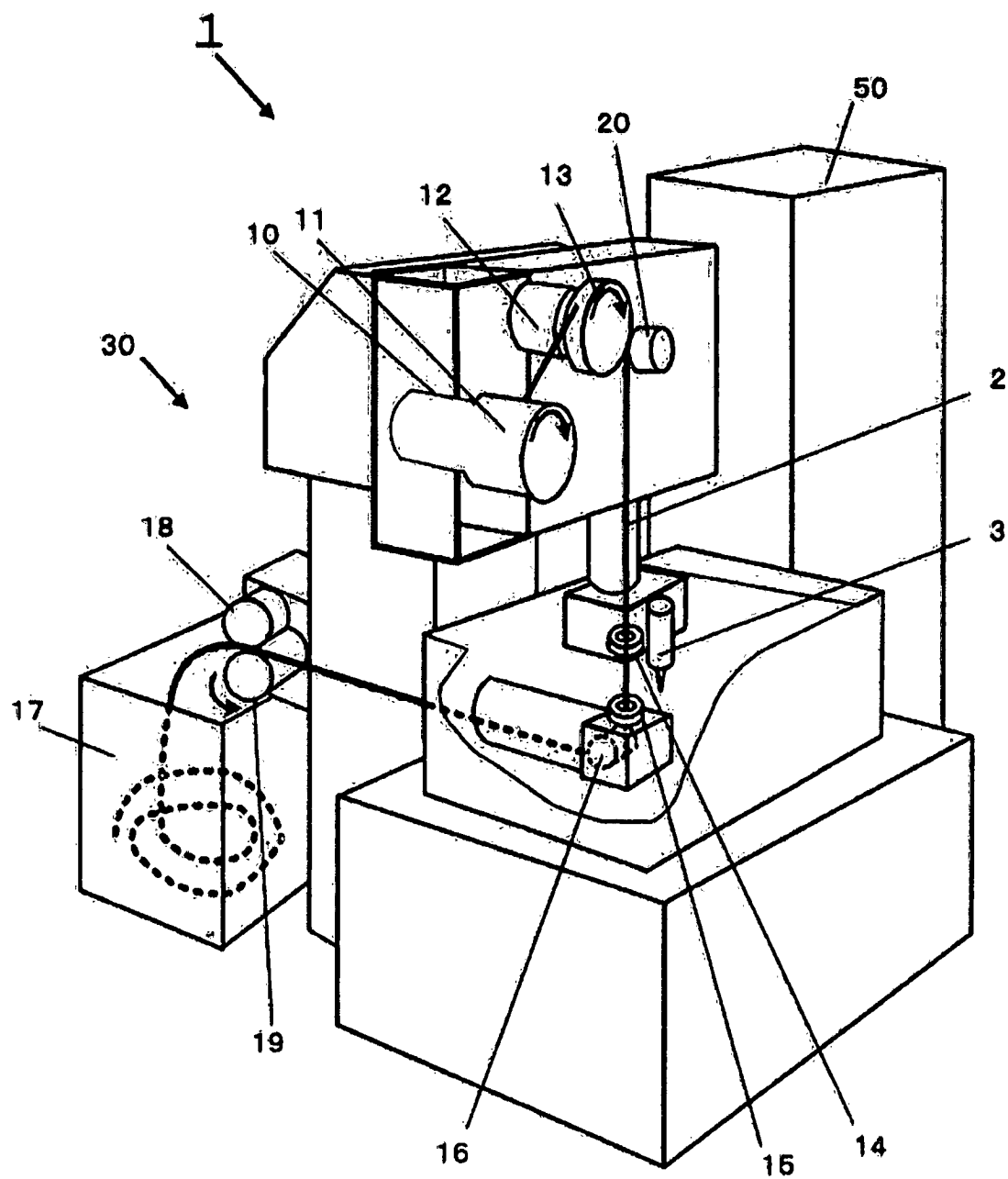


FIG. 2

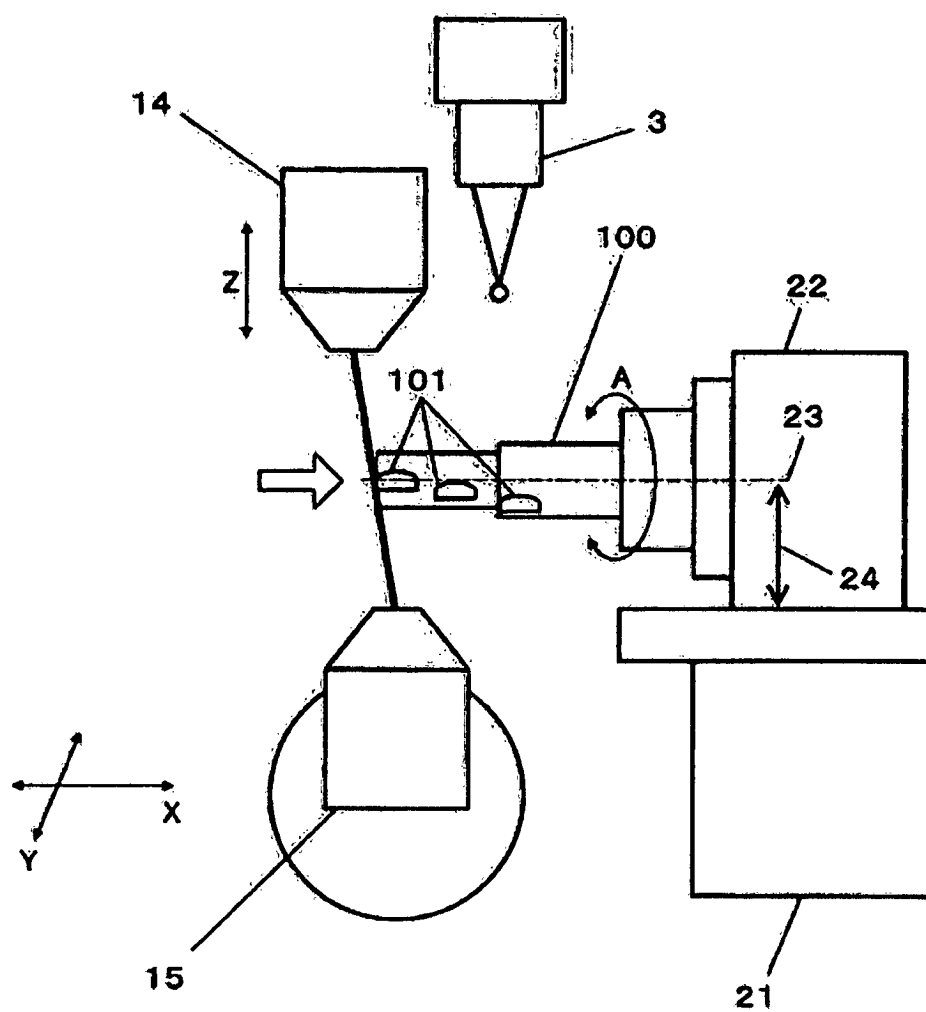
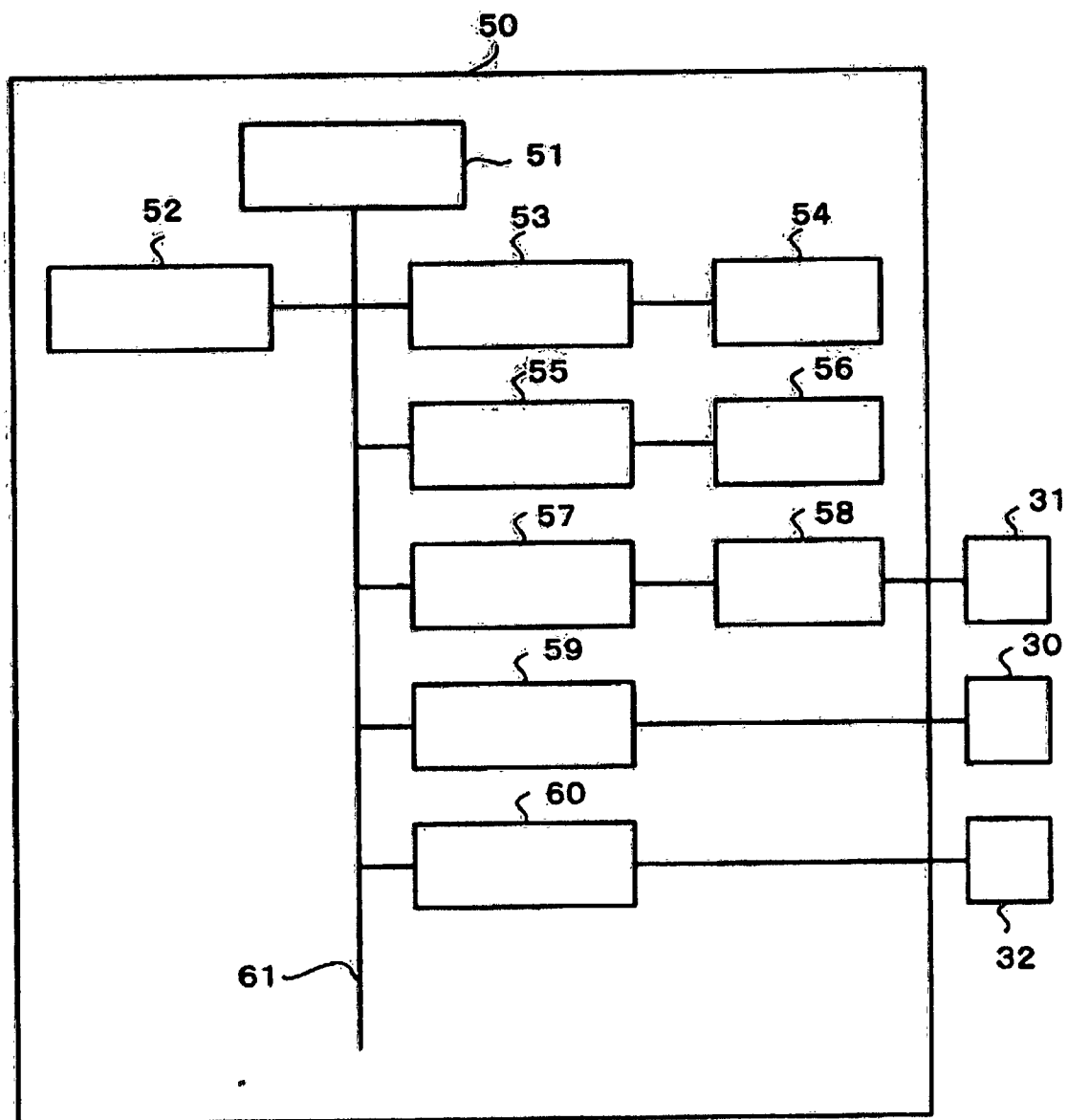
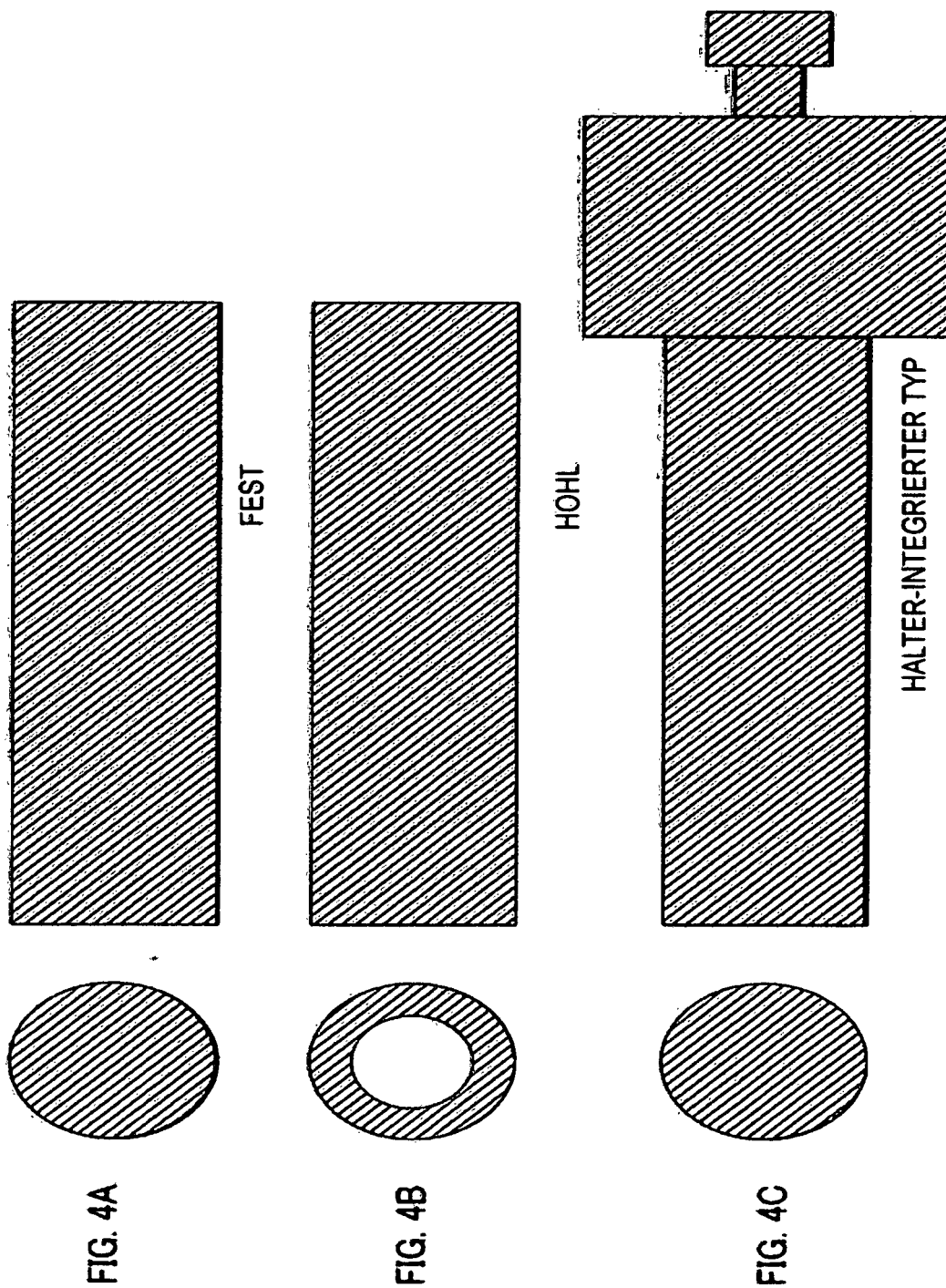


FIG. 3





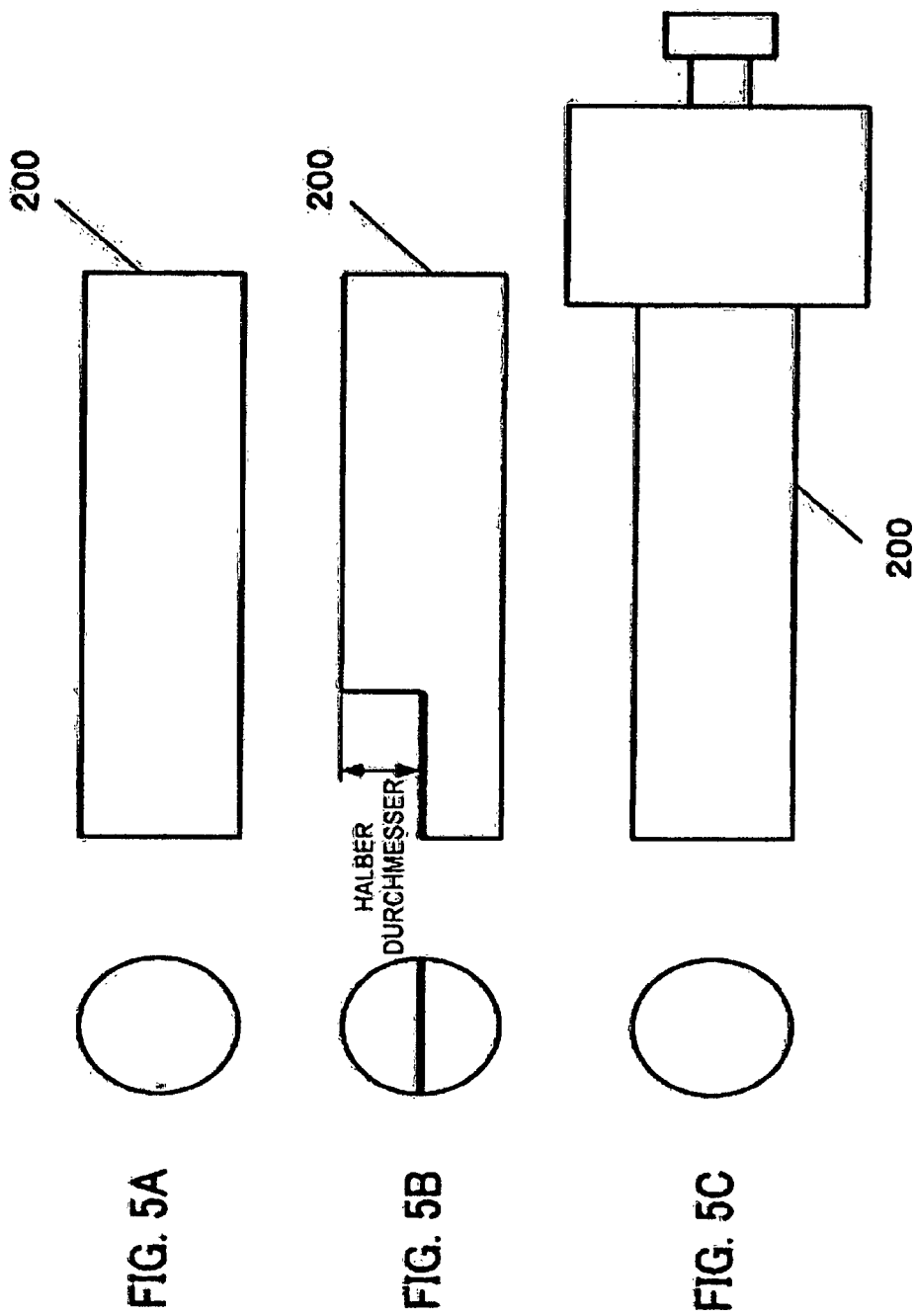


FIG. 6B

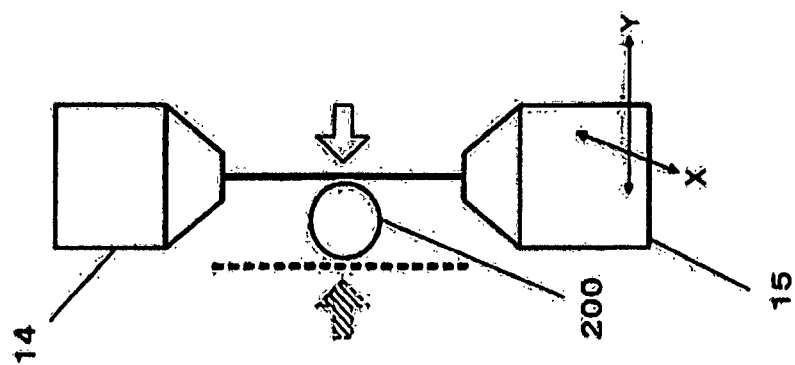


FIG. 6A

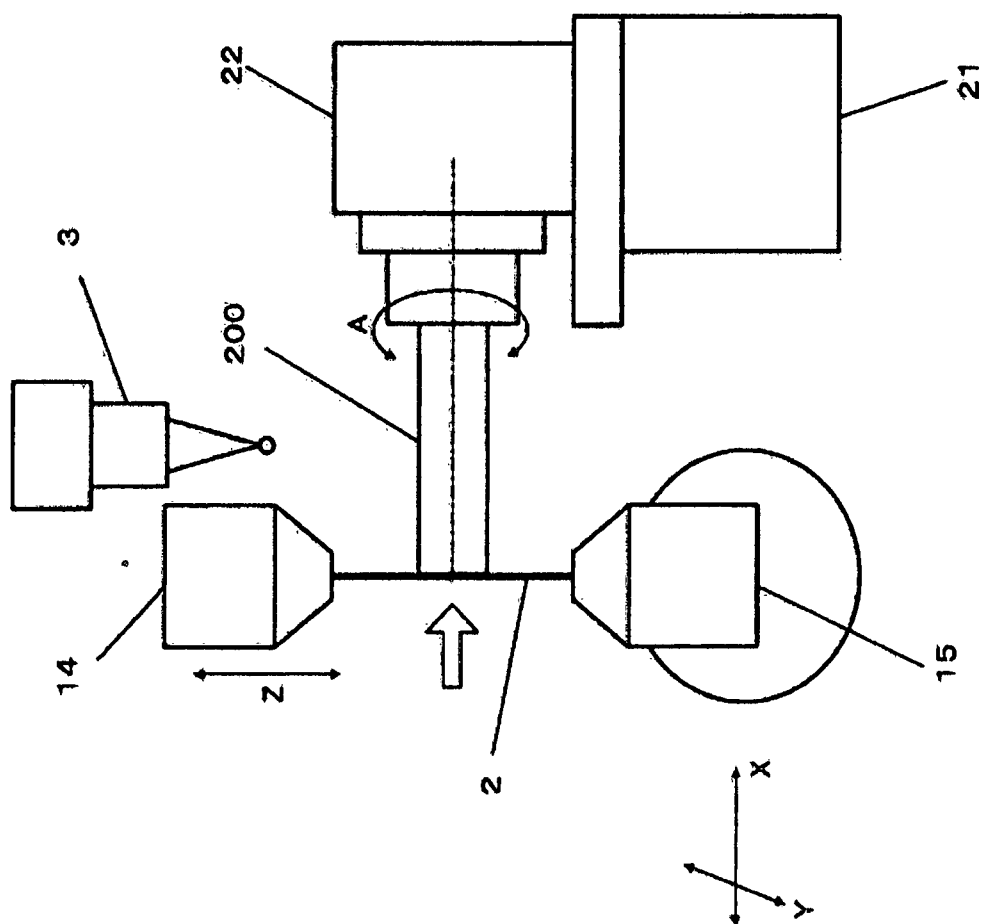


FIG. 7

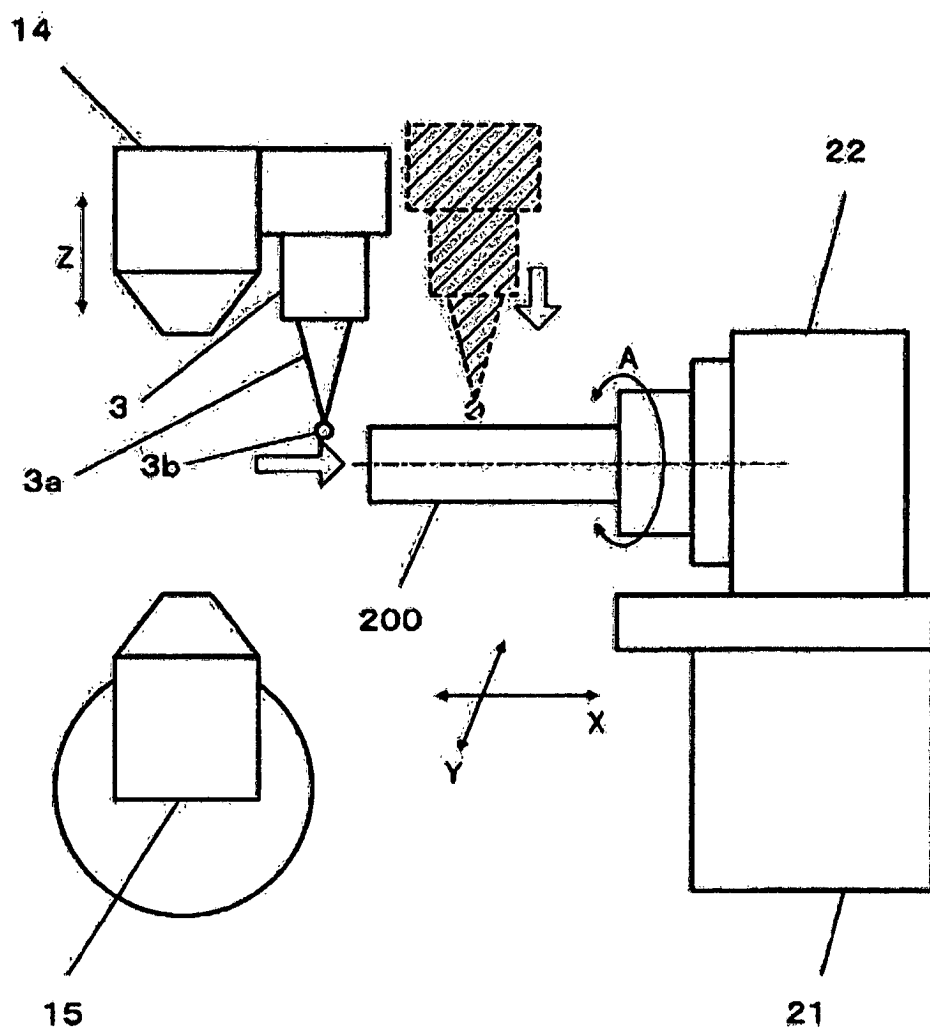


FIG. 8B

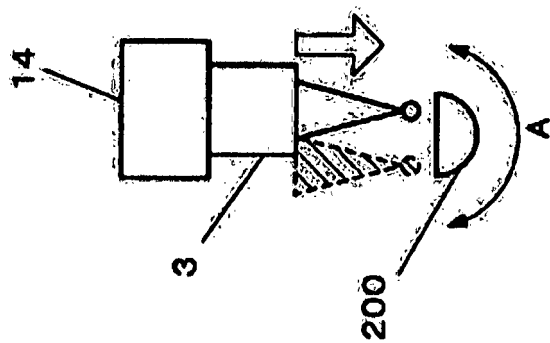


FIG. 8A

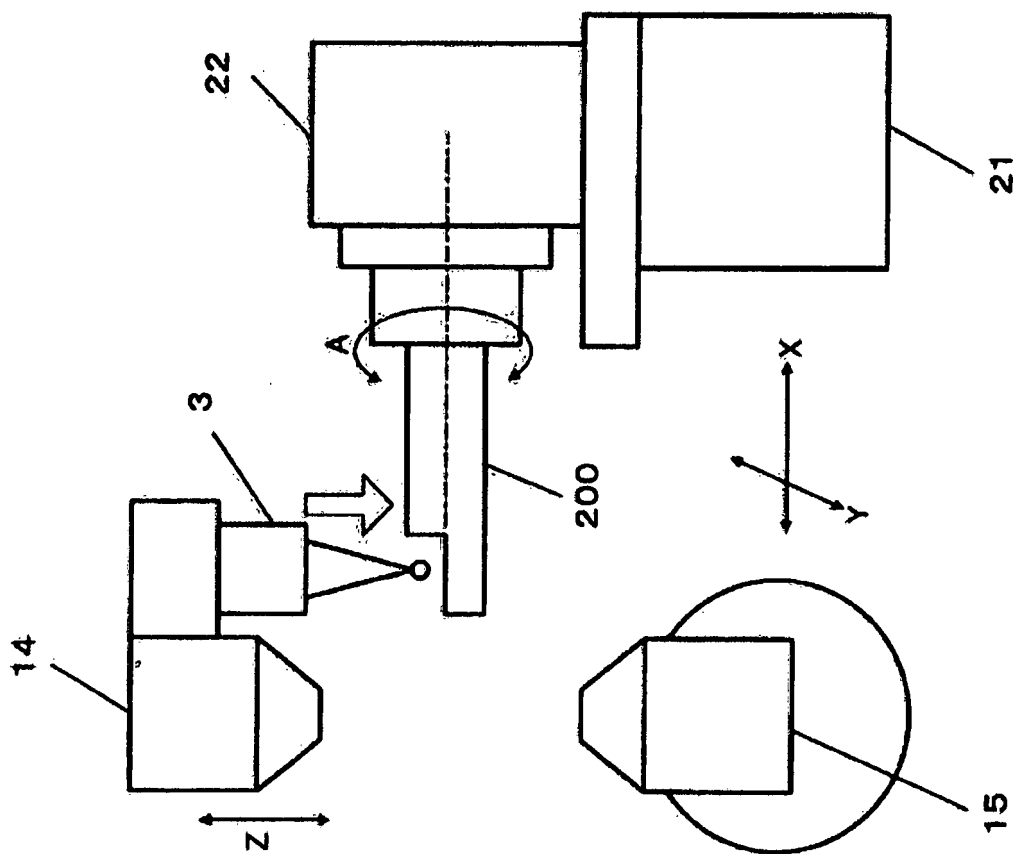


FIG. 9B

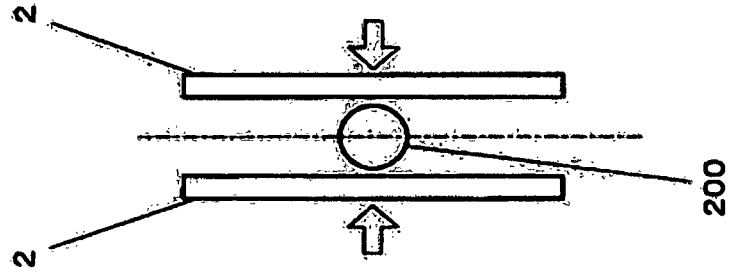


FIG. 9A

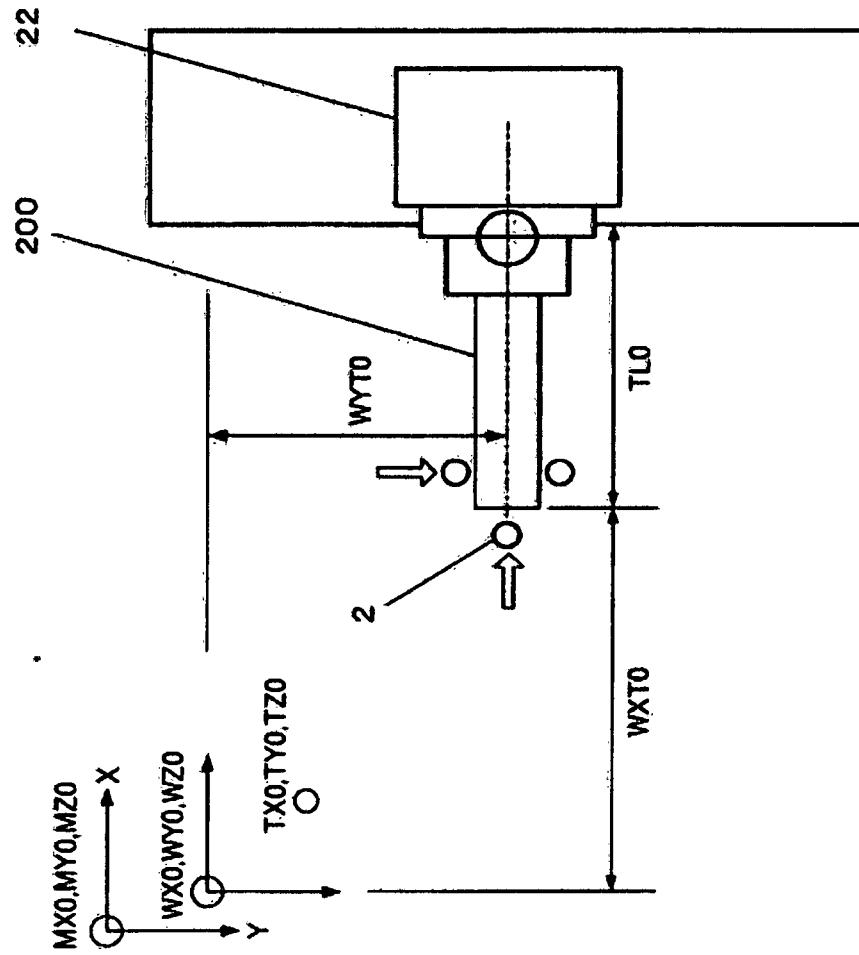


FIG. 10A

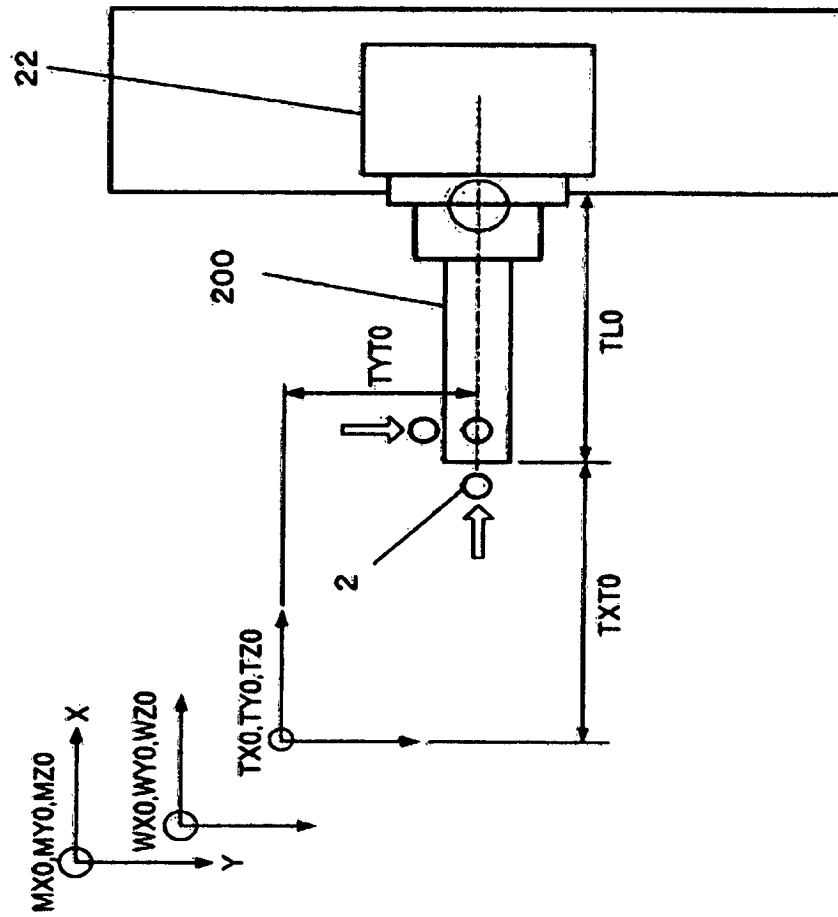


FIG. 10B

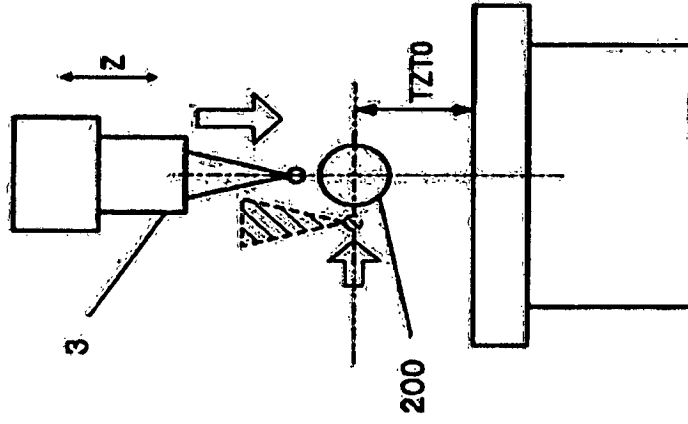


FIG. 11

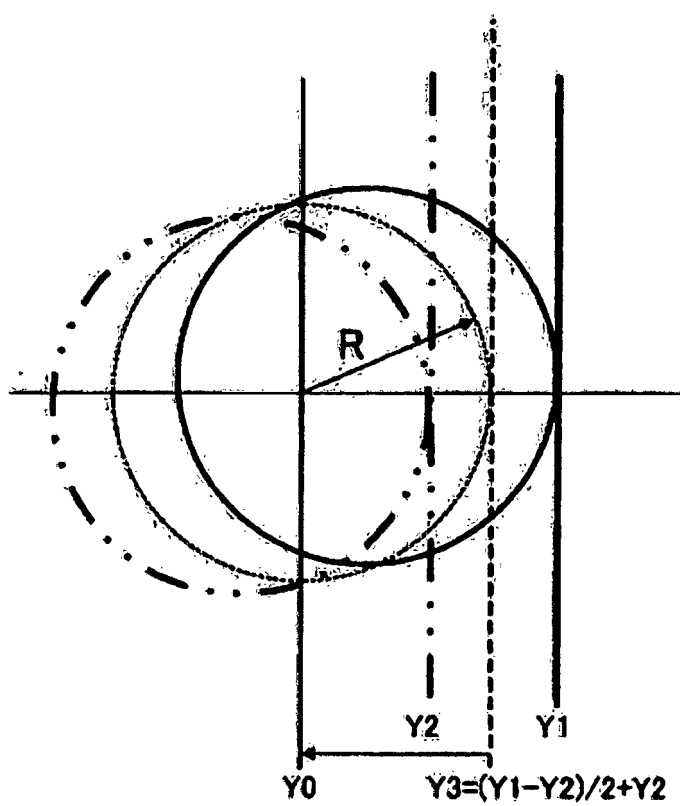


FIG. 12B

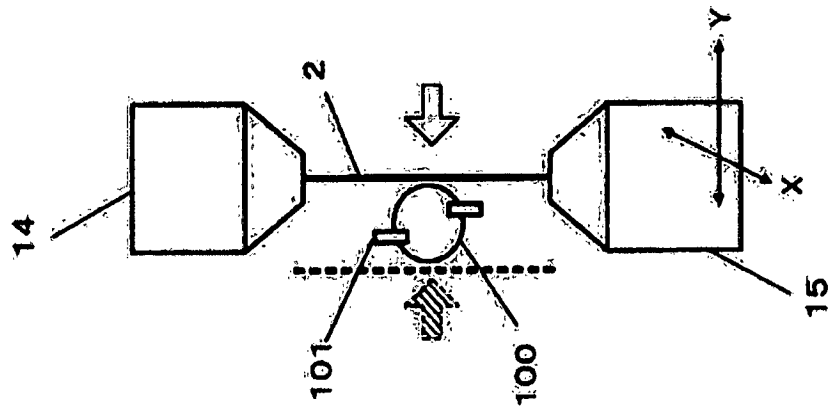


FIG. 12A

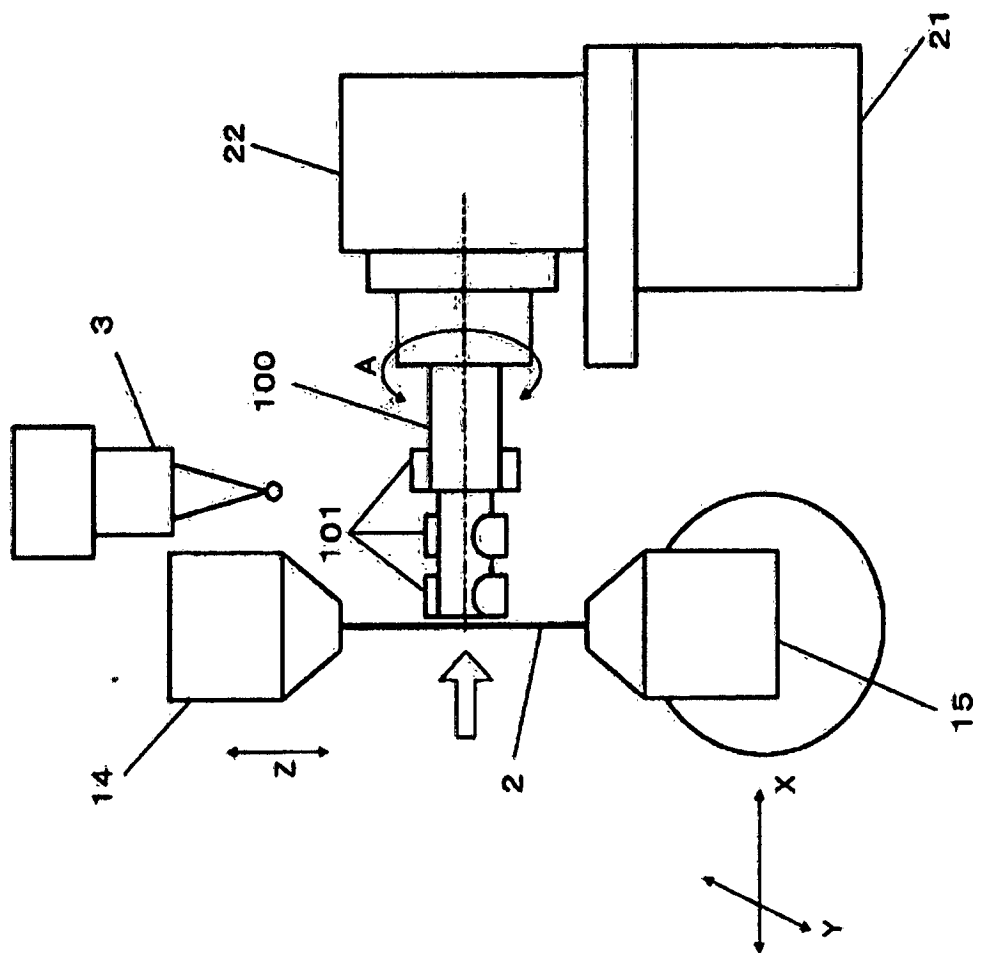


FIG. 13

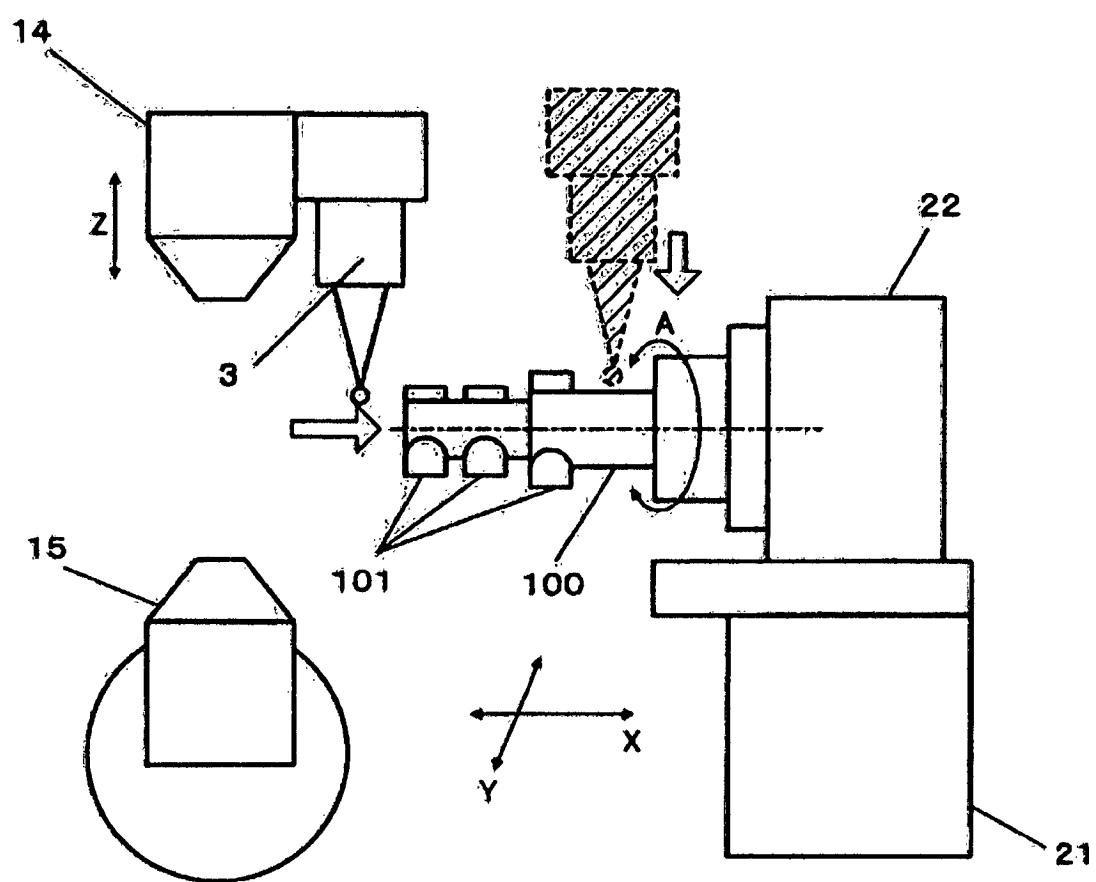


FIG. 14B

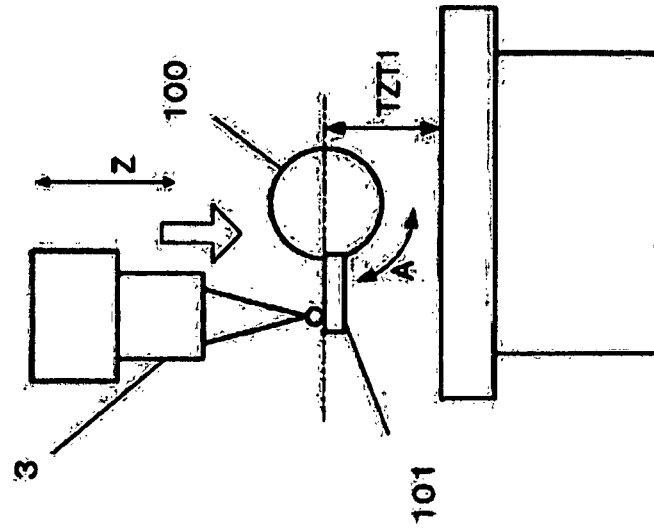


FIG. 14A

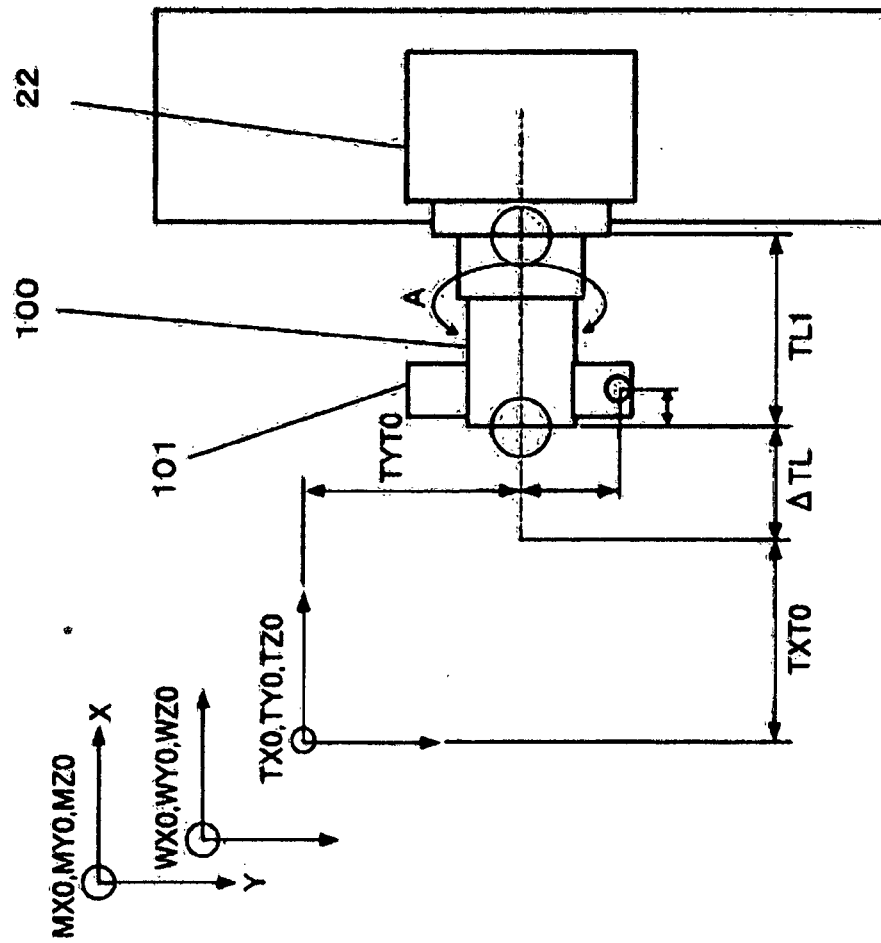


FIG. 15A

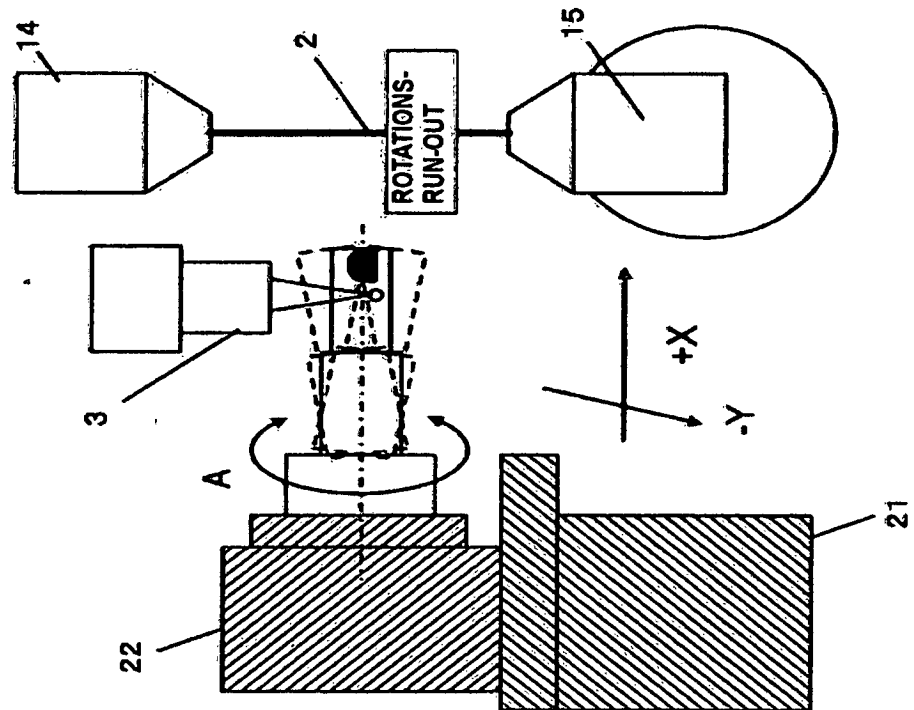


FIG. 15B

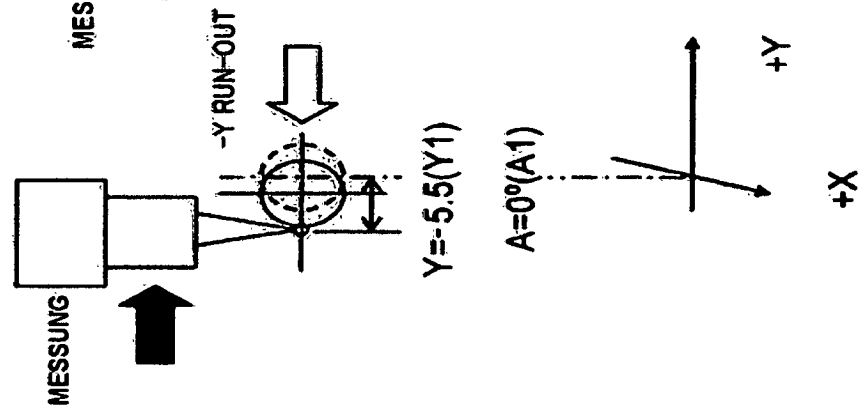


FIG. 15C

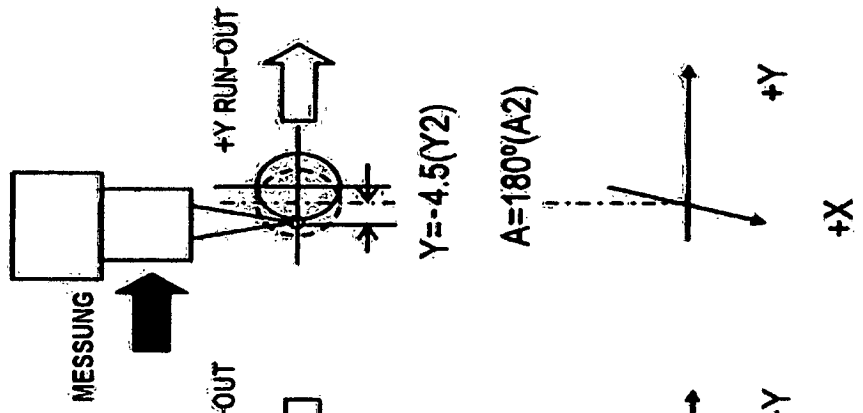


FIG. 16C

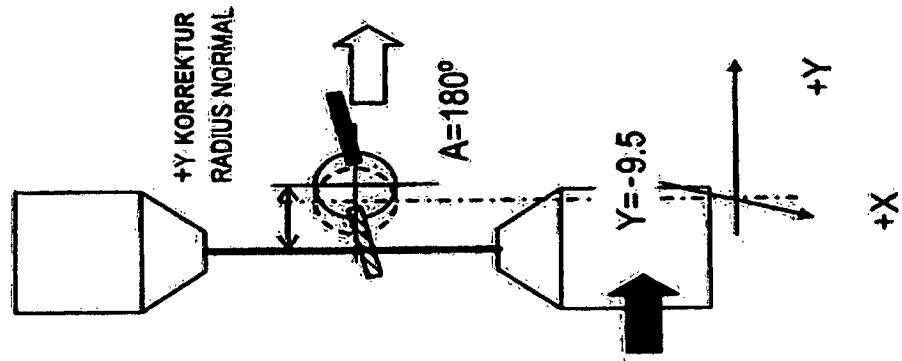


FIG. 16B

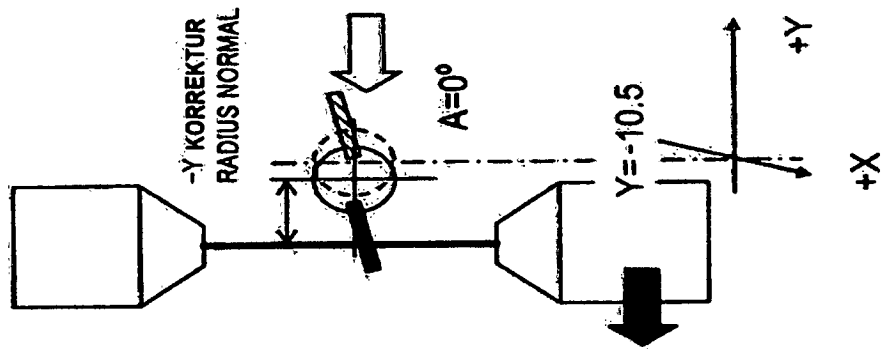


FIG. 16A

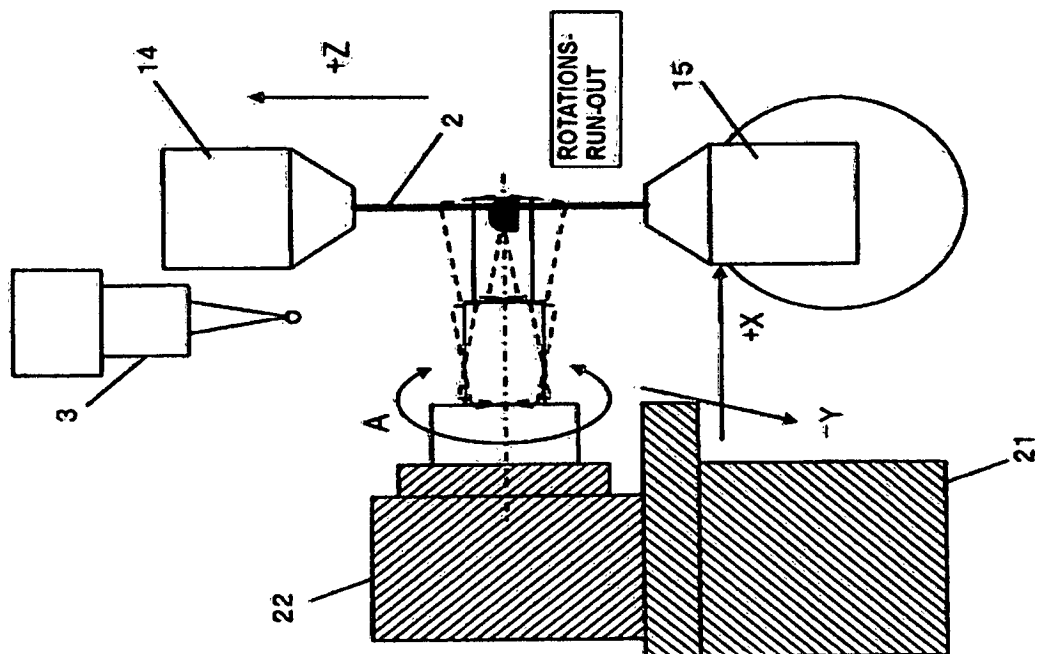


FIG. 17A

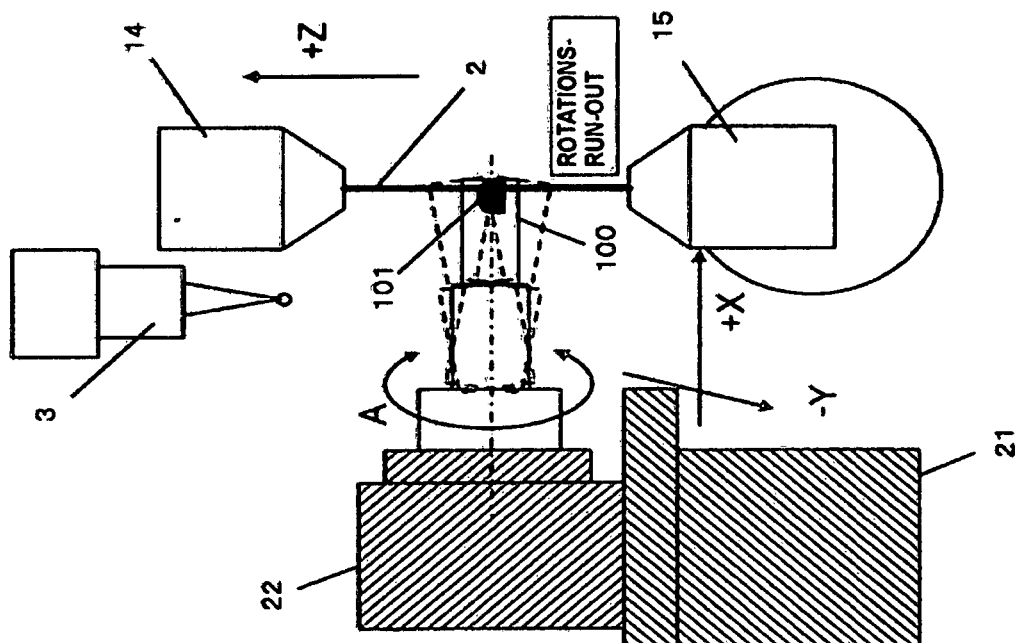
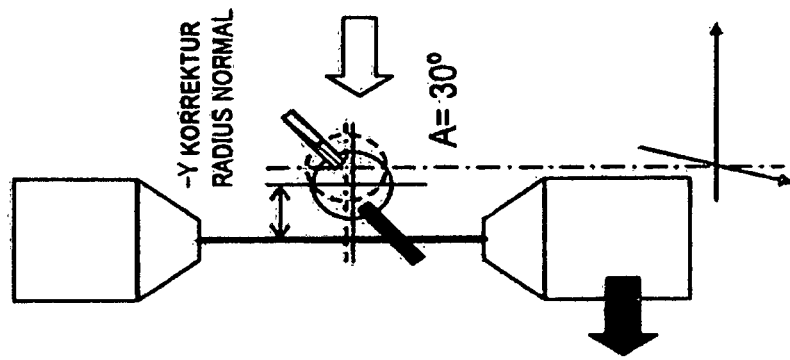
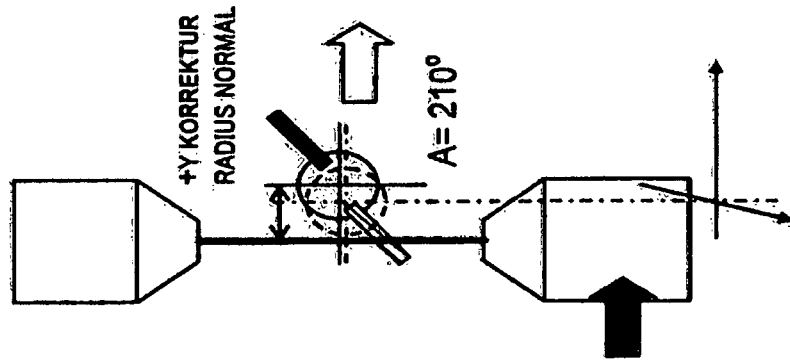


FIG. 17B



$$Y = -10.3 \times \cos(30) = -8.9$$

FIG. 17C



$$Y = -9.8 \times \cos(30) = -8.5$$

FIG. 18

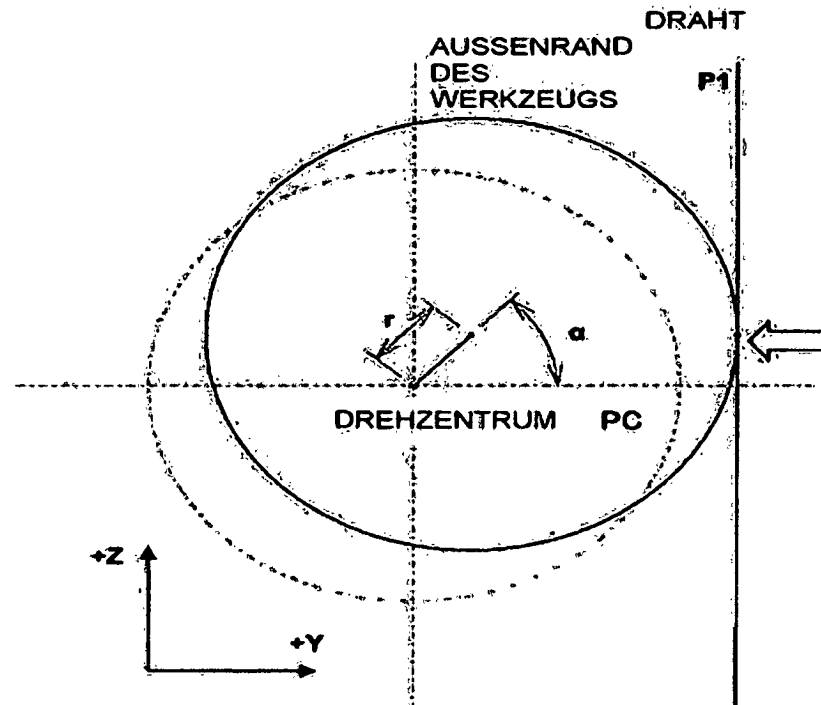


FIG. 19

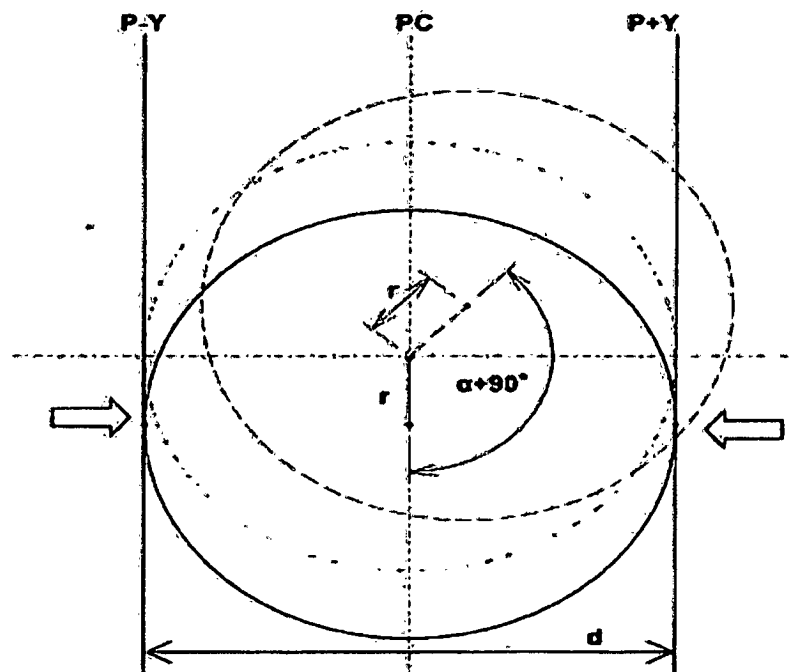


FIG. 20

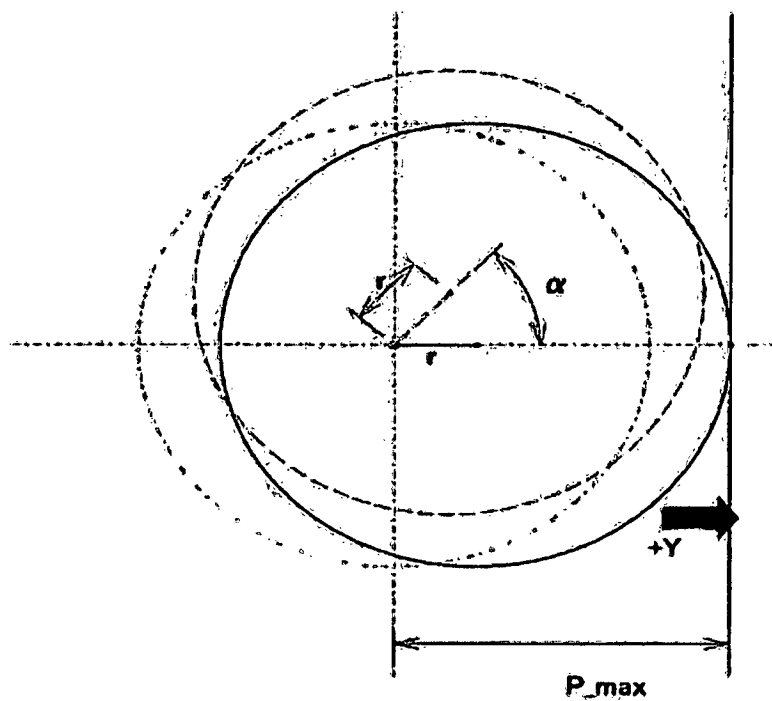


FIG. 21

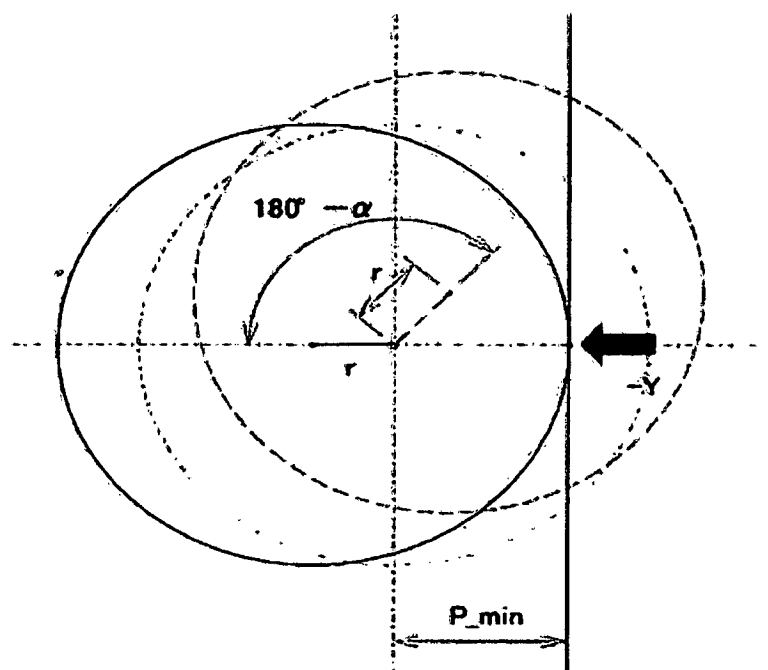


FIG. 24

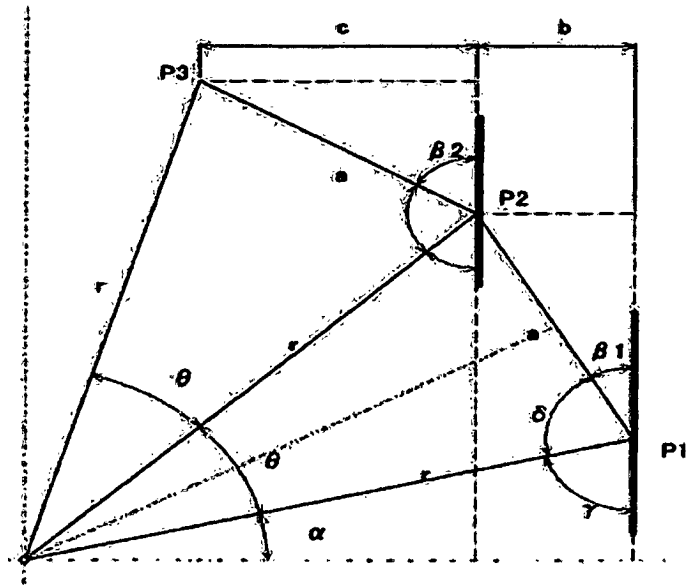


FIG. 25

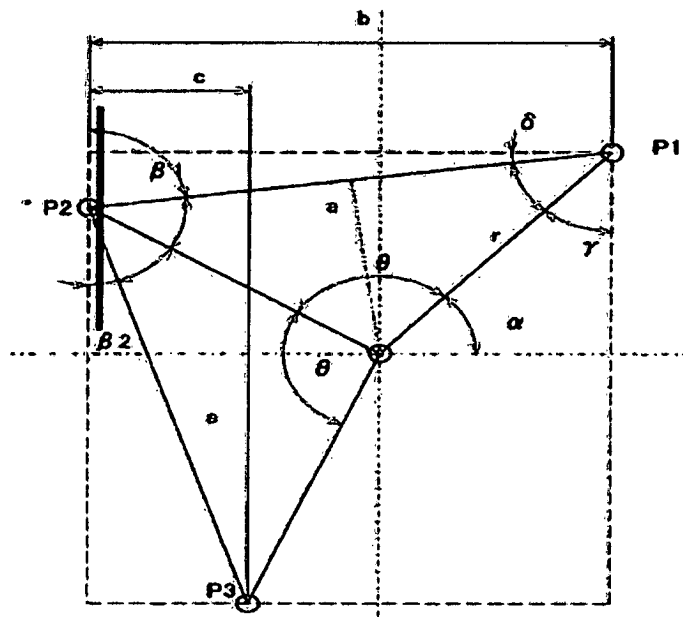


FIG. 26A

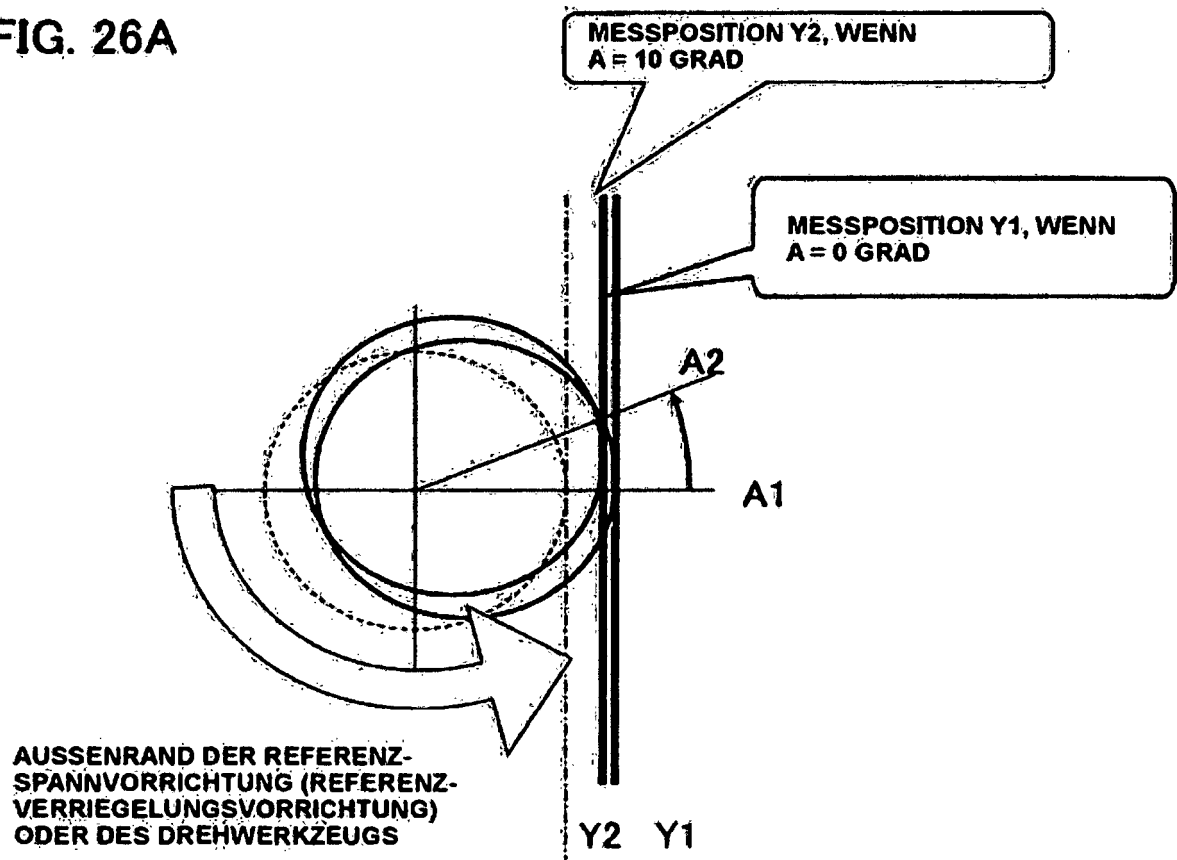


FIG. 26B

DREHKOORDINATEN A	FEHLERMESSUNG
0	0.020
10	0.018
20	0.016
~	~
180	-0.020
~	~
330	0.013
340	0.016
350	0.018

FIG. 27A

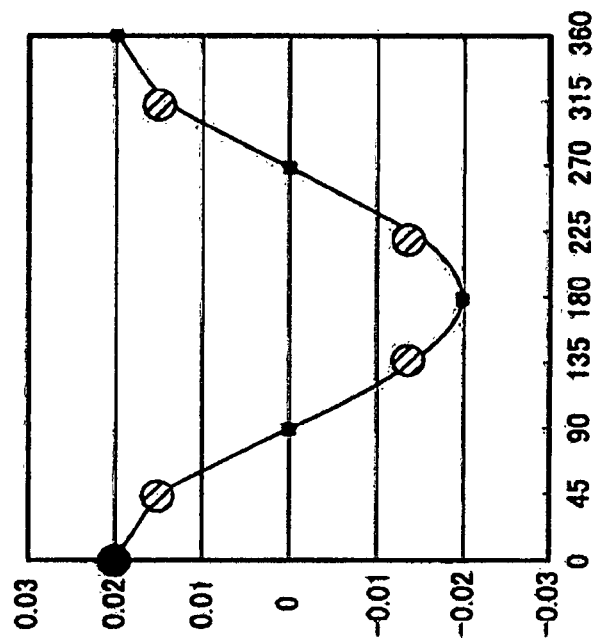


FIG. 27B

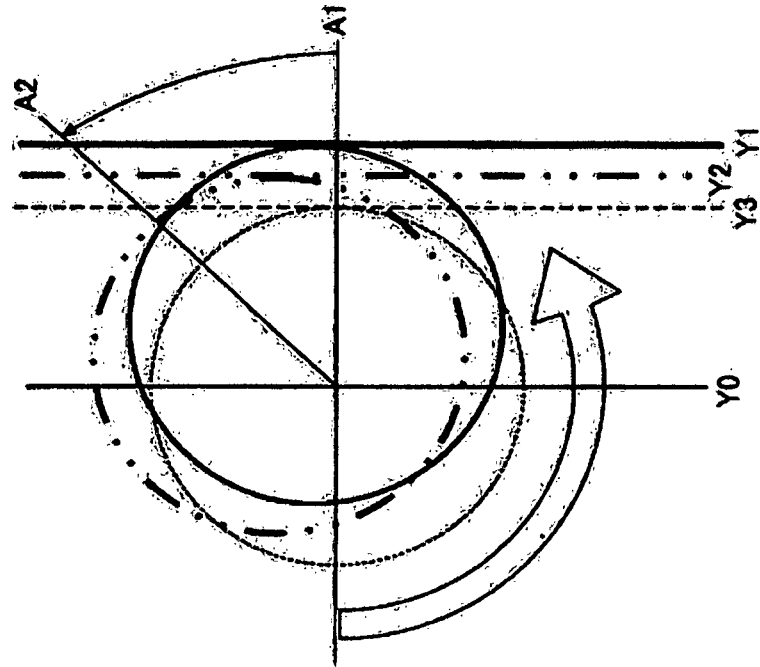


FIG. 28A

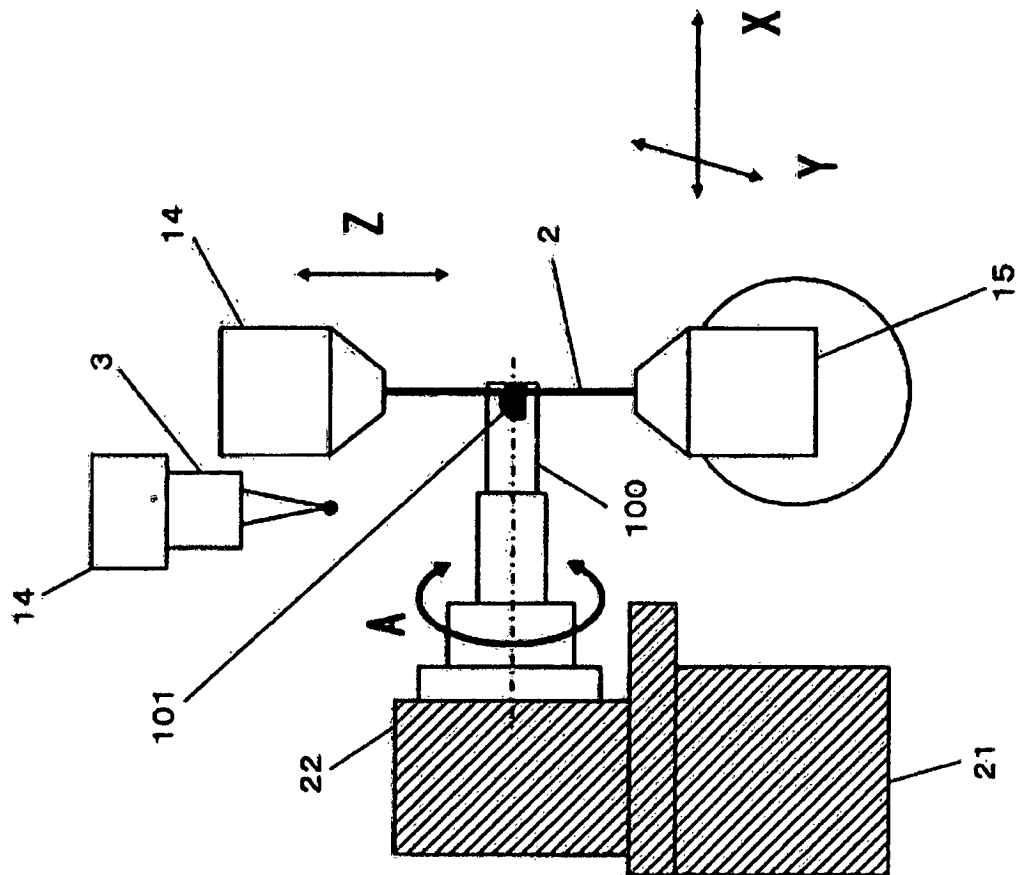


FIG. 28B

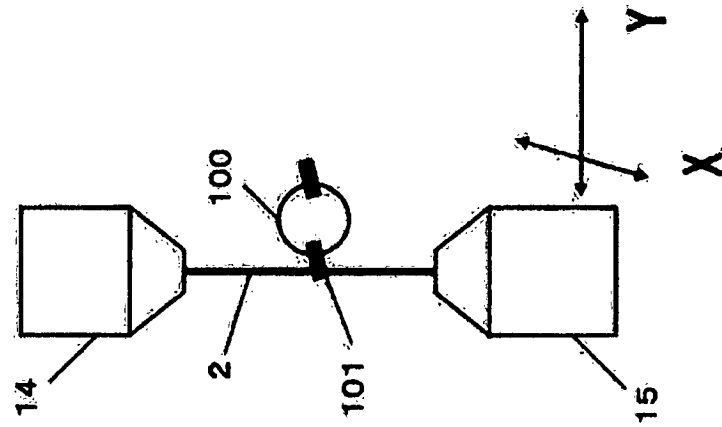


FIG. 29A

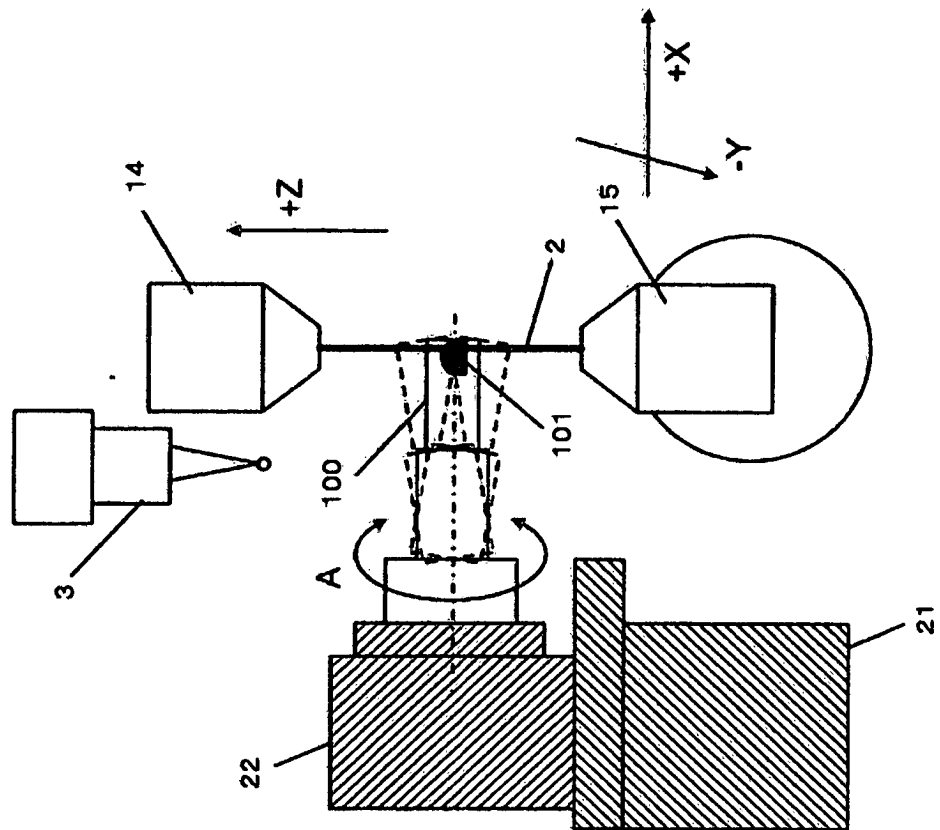


FIG. 29B

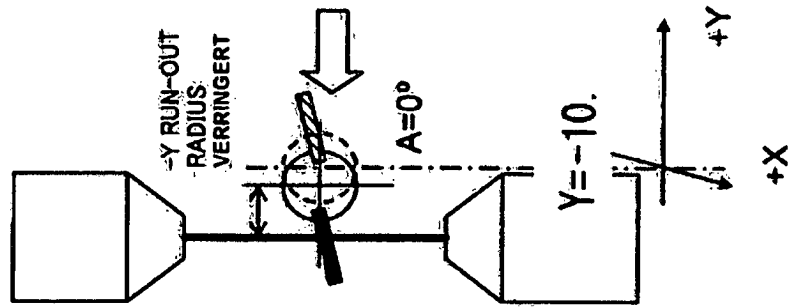


FIG. 29C

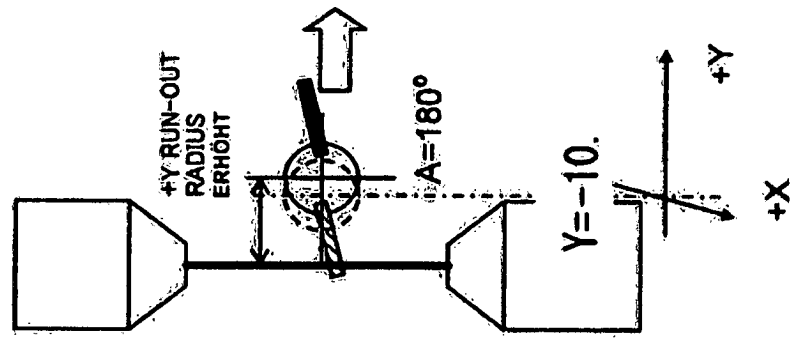


FIG. 30

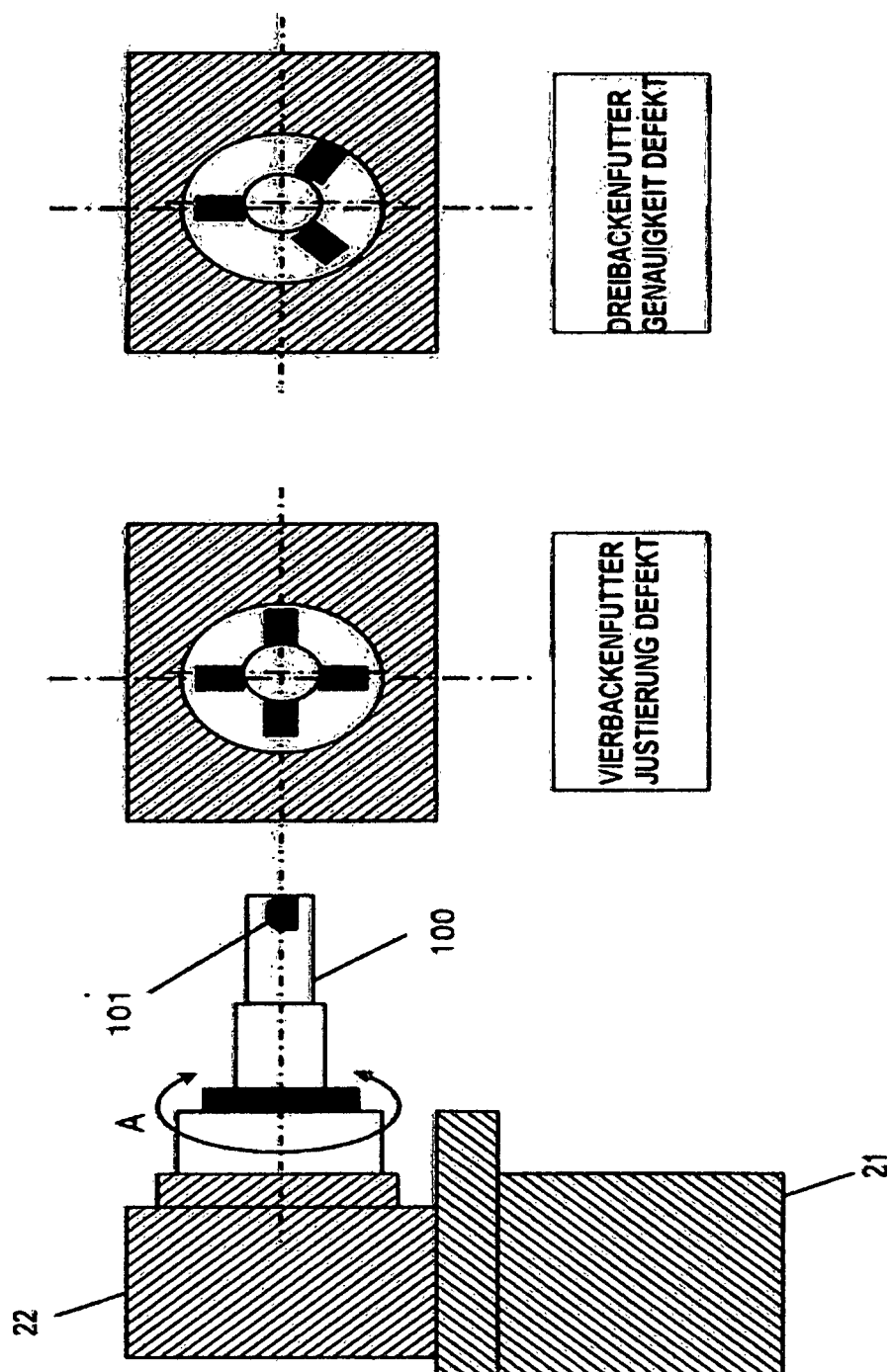


FIG. 31

