CH 684250 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 684250 A5

(51) Int. Cl.[5]: B 24 B 47/22
G 05 B 19/18

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 3033/91

(22) Anmeldungsdatum: 17.10.1991

(24) Patent erteilt: 15.08.1994

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.08.1994

(73) Inhaber:
L. Kellenberger & Co. AG, St. Gallen

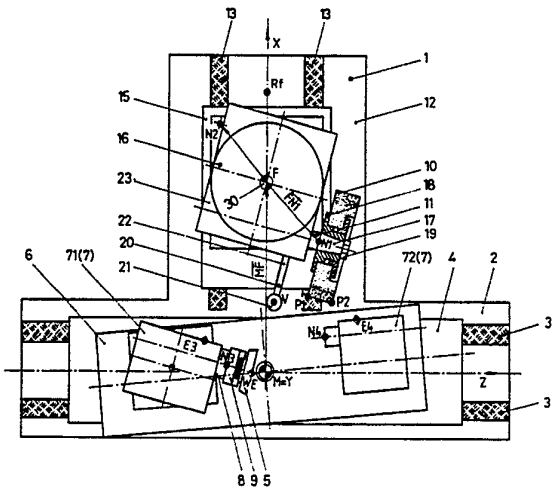
(72) Erfinder:
Iiek, Anton, Eggersriet
Thurnherr, Hugo, St. Gallen
Eugster, Emil, Appenzell

(74) Vertreter:
Patentanwaltsbüro Dipl.-Ing. S. V. Kulhavy, St. Gallen

(54) Verfahren zur numerisch steuerbaren Bearbeitung eines Werkstückes an einer Schleifmaschine.

(57) Das Werkstück (5) wird an einer Schleifmaschine bearbeitet, welche einen Halter (4) für das Werkstück (5) sowie einen mit einer Schleifscheibe (10) ausgerüsteten Schleifkopf (16) aufweist, wobei dieser Schleifkopf auf einem Werkzeugschlitten (15) schwenkbar gelagert und zusammen mit diesem gegenüber dem Werkstückhalter verschiebbar ist. Die Lage der im Arbeitsbereich der Maschine liegenden Punkte wird ermittelt, die Koordinatenangaben über diese Punkte werden zu den Grunddaten des Bearbeitungsprogramms der Maschine gemacht und das Werkstück (5) wird unter der Berücksichtigung dieser Koordinatenangaben bearbeitet.

Dieses Verfahren ermöglicht, die Maschine jederzeit und problemlos auszumessen und gegebenenfalls zur Herstellung unterschiedlicher Produkte umzustellen.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur numerisch steuerbaren Bearbeitung eines Werkstückes an einer Schleifmaschine, welche einen Halter für das Werkstück sowie einen mit einer Schleifscheibe ausgerüsteten Schleifkopf aufweist, wobei dieser Schleifkopf auf einem Werkzeugschlitten schwenkbar gelagert und zusammen mit diesem gegenüber dem Werkstückhalter verschiebbar ist.

Bei einem bekannten Verfahren der genannten Gattung weist die dieses Verfahren ausführende Maschine einen kugelförmigen Taster auf, welcher an der dem Werkstück zugewandten Seite des Schleifkopfes schwenkbar angebracht ist. Die Lage des ausgeschwenkten Tasters gegenüber den Arbeitsflächen der Schleifscheibe wird bei diesem Verfahren als bekannt vorausgesetzt und sie ist durch Abstände in zwei zueinander senkrecht stehenden Richtungen angegeben. Nachdem das Werkstück in einer Einspannvorrichtung eingespannt worden ist, wird dieses zunächst in der ersten Richtung und dann in der zweiten Richtung so weit bewegt, bis der Taster zwei unter einem rechten Winkel zueinander stehende Flächen einer Schulter am Werkstück berührt. Hierdurch wird die Lage des Werkstückes gegenüber dem Taster und folglich auch gegenüber den Arbeitsflächen der Schleifscheibe ermittelt. Ausgehend von diesen Ausgangsangaben berechnet die Steuereinrichtung der Maschine jene Wege in den zwei genannten Richtungen, welche das Werkzeug oder/und das Werkstück zurücklegen müssen, damit das Werkstück durch die Schleifscheibe in der vorgesehenen Weise bearbeitet werden kann.

Eine Schleifmaschine weist mehrere relativ zueinander bewegbare Teile auf. Das beschriebene, bekannte Verfahren setzt voraus, dass die gegenseitige Lage aller zueinander bewegbaren Maschinenteile bekannt und in den Speichern der Steuereinrichtung der Maschine gespeichert ist. Die Speicherung der genannten gegenseitigen Lagen der Maschinenteile setzt jedoch voraus, dass die diesen Lagen entsprechenden Werte in Erfahrung gebracht worden sind. Das Verfahren, in welchem diese Werte ermittelt werden, kann man als Ausmessung der Maschine bezeichnen.

Auch wenn die Lage der Maschinenteile zueinander am Anfang der Bearbeitung einer Anzahl von Werkstücken bekannt ist, kann es vorkommen, dass diese Lage sich während des Betriebes der Maschine ändert, was zur Folge hat, dass die Abmessungen der Erzeugnisse von den vorgegebenen Abmessungen abweichen. Ausserdem möchte man gern die Möglichkeit haben, sich während des Betriebes der Maschine jederzeit, ohne nennenswerten Zeitaufwand und wenn möglich automatisch davon zu überzeugen, ob die Lage der Maschinenteile zueinander unverändert ist. Falls sich die gegenseitige Lage geändert hat, so ist es wünschbar, das Mass der Abweichungen automatisch zu ermitteln und diese Abweichungen anschliessend ebenfalls automatisch zu beseitigen. Dies kann zur Erhöhung der Genauigkeit der Abmessungen der Erzeugnisse beitragen.

Wenn eine schnelle Ausmessung und Umstellung der Maschine möglich ist, dann müsste eine problemlose Umstellung der Maschine, um unterschiedliche Erzeugnisse herstellen zu können, ebenfalls möglich sein.

Als Nachteil des genannten bekannten Verfahrens bzw. der genannten bekannten Maschine gilt, dass sie die soeben genannten Möglichkeiten nicht bieten.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, ein Verfahren zu offenbaren, welches die genannten Nachteile nicht aufweisen.

Die genannte Aufgabe wird beim Verfahren der eingangs genannten Gattung erfindungsgemäss so gelöst, wie dies im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 definiert ist.

Im vorliegenden Fall handelt es sich einerseits um ein Positionierverfahren für die Bestimmung der Relativlage zwischen einem Werkstück und einer Schleifscheibe bzw. den Arbeitskanten derselben an einer Rundschleifmaschine. Andererseits handelt es sich um eine steuerungsinterne Verrechnung der Positionsänderungen der Schleifscheibe, damit die resultierende Position der Schleifscheibe, nachdem diese geschwenkt worden ist, anhand der Koordinaten X und Z jederzeit zum Ausdruck gebracht und/oder angezeigt werden kann. Die Kenntnis der Lage der Schleifscheibe bzw. der Arbeitskanten derselben innerhalb des Koordinatensystems der Maschine ermöglicht ferner beispielsweise, eine Kompensationsbewegung der Schwenkachse des Schleifkopfes derart durchzuführen, dass die betreffende Arbeitskante der Schleifscheibe während der Schwenkbewegung des Schleifkopfes ortsfest ist.

Nachstehend werden Ausführungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 in Draufsicht und schematisch eine Schleifmaschine, bei welcher der Werkstückhalter als ein Schlitten ausgeführt ist,

Fig. 2 einen Ausschnitt aus Fig. 1, in welchem von der Maschine nur diejenigen Teile erscheinen, die für die Ausmessung der Lage des Schlittenbezugspunktes gegenüber dem Nullpunkt der Maschine erforderlich sind,

Fig. 3 einen Ausschnitt aus Fig. 1, in welchem von der Maschine nur diejenigen Teile erscheinen, die für die Ausmessung der Lage eines Referenzpunktes gegenüber dem Nullpunkt der Maschine erforderlich sind,

Fig. 4 einen Ausschnitt aus Fig. 1, in welchem von der Maschine nur diejenigen Teile erscheinen, die für die Ausmessung der Lage eines Werkzeug-Einspannpunktes gegenüber dem Nullpunkt der Maschine erforderlich sind,

Fig. 5 schematisch Punkte, deren Koordinaten am Ende der Ausmessung der Maschine bekannt sind,

Fig. 6 einen Ausschnitt aus Fig. 1, in welchem von der Maschine nur diejenigen Teile erscheinen, die für die Ausmessung der Lage eines Messwürfels am Maschinenbett erforderlich sind,

Fig. 7 einen Ausschnitt aus Fig. 1, in welchem von der Maschine nur diejenigen Teile erscheinen,

die für die Ausmessung der Lage der Schleifscheibe der Maschine erforderlich sind,

Fig. 8 einen Ausschnitt aus Fig. 1, in welchem von der Maschine nur diejenigen Teile erscheinen, die für die Ausmessung der Lage eines Abrichtdiamanten gegenüber dem Nullpunkt der Maschine erforderlich sind,

Fig. 9 einen Ausschnitt aus Fig. 1, in welchem von der Maschine nur diejenigen Teile erscheinen, die für die Ausmessung der Lage des Werkstück-Nullpunktes erforderlich sind und

Fig. 10 einen Fig. 1 ähnelnden Ausschnitt aus einer Schleifmaschine, bei welcher der Werkstückhalter mit dem Maschinenbett fest verbunden ist und bei welcher der Werzeugschlitten einen der Bestandteile eines Kreuzschlittens darstellt.

Eine der Schleifmaschinen, an welchen das vorliegende Verfahren angewendet werden kann, ist in Fig. 1 in Draufsicht und schematisch dargestellt. Diese Maschine weist ein Bett bzw. einen Ständer 1 auf, welcher einen im wesentlichen T-förmigen Grundriss hat. Auf der Oberseite des Balkenteiles 2 dieses T-förmigen Bettes 1 sind Führungsmittel 3 für einen entlang diesem verschiebbaren Schlitten 4 ausgeführt. Dieser Schlitten 4 ist zur Aufnahme eines Werkstückes 5 vorgesehen und deswegen wird dieser im Nachstehenden auch als Werkstückschlitten bezeichnet.

Im dargestellten Fall ist ein Tisch 6 auf dem Werkstückschlitten 4 schwenkbar gelagert. Auf diesem Tisch 6 ist eine Einspannvorrichtung 7 für das Werkstück 5 vorgesehen, welche einen Spindelstock 71 und einen Reitstock 72 umfasst, wobei der Spindelstock 71 auf dem Schwenktisch 6 schwenkbar gelagert ist. Der Spindelstock 71 enthält eine Welle 8 und am freien Ende dieser Welle 8 ist ein Einspannkopf 9 für das Werkstück 5 befestigt.

Auf der Oberseite des Stielteiles 12 des T-förmigen Maschinenbettes 1 sind Führungsmittel 13 für einen entlang diesem Stielteil 12 des Ständers 1 bewegbaren Schlitten 15 vorgesehen. Auf diesem Schlitten 15 ist ein Schleifkopf 16 schwenkbar bzw. drehbar gelagert. Dieser Schlitten 15 wird auch als Schleifschlitten 15 bezeichnet. Von zumindest einer der Seitenwände des Gehäuses des Schleifkopfes 16 steht eine Welle 11 ab, an deren Ende eine Schleifscheibe 10 auswechselbar befestigt ist. Diese Befestigung erfolgt vorteilhaft mit Hilfe eines Konusses 17 am Ende der Welle 11 und eines Futters 18 in der Schleifscheibe 10, welches auf dem Konus 17 sitzt. Die Scheibe 10 ist mit Hilfe einer Mutter 19 an der Welle 11 befestigt, welche auf einer Auslaufpartie (nicht dargestellt) des Konusses 17 aufschraubbar ist.

Von einer der Seitenwände des Schleifkopfes 16, welche vorteilhaft von jener Seitenwand des Kopfes 16 unterschiedlich ist, in der die Welle 11 gelagert ist, steht ein Messtaster 20 ab, welcher eine Kugel 21 und eine Distanzstange 22 umfasst. Die Kugel 21 ist über die Distanzstange 22 am Schleifkopf 16 befestigt. Die Abmessungen sowohl der Stange 22 als auch der Kugel 21 sind bekannt und sie gehören zu den der Maschine vorgegebenen Daten. Der Mittelpunkt der Kugel 21 des Messtasters 20 ist mit V bezeichnet. Dieser Mittelpunkt V kann auch als Messpunkt angesehen werden, weil auf diesen sich die Koordinaten X und Z beziehen, welche die Position des Tasterkopfes 21 im Koordinatensystem X, Z der Maschine angeben.

Damit die numerisch steuerbare Bearbeitung des Werkstückes 5 mit Hilfe der Schleifscheibe 10 möglich ist, sind besimmte Punkte an der Maschine vorgesehen, anhand welcher sich das die Werkstückbearbeitung steuernde Computerprogramm während der Steuerung der Bewegung des Schleifkopfes 10 orientieren kann. Als erster dieser Punkte kann der sogenannte Nullpunkt M der Maschine erwähnt werden. Dieser befindet sich bei diesem Typ von Schleifmaschine im Bereich des Werkstückschlittens 4. Im dargestellten Fall fällt der Maschinennullpunkt M mit der vertikal, d.h. senkrecht zur Blattebene verlaufenden Schwenkachse des Werkstücktisches 6 zusammen. In diesem Nullpunkt M befindet sich auch der Nullpunkt des Koordinatensystems der Maschine. Die X-Achse des Koordinatensystems verläuft in der Längsrichtung des Stielteiles 12 des T-förmigen Ständers 1. Die Z-Achse dieses Koordinatensystems verläuft in der Längsrichtung des Balkenteiles 2 des T-förmigen Bettes 1. Die Y-Achse verläuft vertikal bzw. senkrecht zum Bett 1 und sie fällt mit der Achse des Schwenktisches 6 zusammen. Im vorliegenden Fall geht die Y-Achse durch den Maschinennullpunkt M hindurch.

Einen weiteren der genannten Punkte stellt der sogenannte Referenzpunkt Rf der Maschine dar. Dieser Punkt Rf befindet sich in einem Bereich des Bettes 1, von dem man annimmt, dass der Kopf 16 während der Bearbeitung des Werkstückes 5 dorthin kaum gelangen wird, welcher jedoch durch den Schleifkopf 16 angefahren werden kann. Der Referenzpunkt Rf befindet sich in einem Abstand vom Nullpunkt M der Maschine. Der Referenzpunkt Rf kann mit Hilfe von elektromechanischen Mitteln, beispielsweise von Endschaltern, definiert bzw. simuliert werden.

Am Schleifkopf 16 befindet sich ein Punkt F, durch welchen die Schwenkachse dieses Kopfes 16 hindurchgeht. Dieser Punkt F kann auch als Schlittenbezugspunkt bezeichnet werden. Der Referenzpunkt Rf am Bett 1 gilt als durch den Schleifkopf 16 angefahren, wenn der Schlittenbezugspunkt F genau über dem Referenzpunkt Rf liegt. Weitere Punkte an der Maschine, welche im vorliegenden Zusammenhang von Bedeutung sind, werden im nachstehenden näher beschrieben.

Bevor eine numerisch gesteuerte Schleifmaschine in Betrieb genommen werden kannn, muss sie ausgemessen werden. Dies bedeutet, dass die Lage jener Punkte an der Maschine ermittelt werden muss, welche dem Steuerprogramm als massgebende Punkte dienen. Die Koordinaten X und Z dieser Punkte werden gespeichert. Am meisten Probleme bereitet die Ausmessung der Lage des Punktes F, bzw. der Drehachse des Schleifkopfes 16 gegenüber dem Nullpunkt M der Maschine. Dies deswegen, weil der Schleifkopf 16 auf dem Schleifschlitten 15 sitzt und gegenüber dem Nullpunkt M am Werkstückschlitten 4 in einer Ebene, in welcher auch die Achsen X und Z liegen, bewegbar ist. Die

Ermittlung der Lage des Punktes F ist zudem noch dadurch erschwert, dass es an der Maschine keinen Taster oder ähnlich gibt, mit dessen Hilfe die Lage der Drehachse F genau, d.h. entsprechend der geforderten Genauigkeit der Bearbeitung durch Schleifen, ermittelt werden könnte. Im Prinzip könnte man einen Massstab nehmen und die Maschine von Hand ausmessen. Die ermittelten Werte könnten dann in die Maschine in der üblichen Weise eingegeben werden. Einem solchen Verfahren würde jedoch eben jene Genauigkeit fehlen, welche für die geforderte Genauigkeit der Bearbeitung erforderlich ist.

Fig. 2 stellt im wesentlichen einen Ausschnitt aus Fig. 1 dar, in welchem von der Maschine nur diejenigen Teile dargestellt sind, welche für die Ausmessung der Lage des Schlittenbezugspunktes bzw. der Achse F gegenüber dem Nullpunkt M erforderlich sind. Vom Maschinenbett 1 ist in Fig. 2 nur der Nullpunkt M dargestellt. Es ist eine Messvorrichtung 25 vorgesehen, welche eine Grundplatte 26 umfasst, wobei diese Grundplatte 26 am Werkstückschlitten 4 angebracht ist. Die Grundplatte 26 weist eine Referenzmarke S auf, welche als ein Kreuz angedeutet ist. Der Kreuzmittelpunkt dieser Marke S ist dem Nullpunkt M der Maschine exakt zugeordnet. Die Messvorrichtung 25 kann auch an anderen Stellen des Werkstückschlittens 4 aufgestellt sein.

In einer der Eckpartien der Grundplatte 26 der Messvorrichtung 25 ist ein rechtwinkliger Ausschnitt 27 ausgeführt. Dem jeweiligen Schenkel 28 und 29 dieses Ausschnittes 27 ist eine Messuhr 31 bzw. 32 derart zugeordnet, dass der Messbolzen 33 bzw. 34 der jeweiligen Messuhr 31 bzw. 32 rechtwinklig zu jenem Winkelschenkel 28 bzw. 29 steht, durch welchen er hindurchgeht. Die Stirnflächen von Stirnplatten 35 bzw. 36 an den Enden der Messbolzen 33 bzw. 34 schliessen somit zwischen sich ebenfalls einen rechten Winkel und sie können Anschlagflächen für die Kugel 21 des am Bearbeitungskopf 16 angebrachten Messtasters 20 bilden. Wenn sich die Kugel 21 des Messtasters 20 in der in Fig. 2 dargestellten Lage gegenüber der Messvorrichtung 25 befindet, dann geben die Messuhren 31 und 32 zusammen mit dem Abstand derselben vom Nullpunkt der Grundplatte 26 den Abstand des Kugelmittelpunktes V vom Nullpunkt M in der X-Richtung als XMV und in der Z-Richtung als ZMV an. Die Abstände der Achse F vom Kugelmittelpunkt V sind mit XVF und ZVF angedeutet, wobei diese Abstände unveränderlich sind, weil der Messtaster am Schleifkopf 16 befestigt ist.

Sollte sich die Lage der Kugel 21 gegenüber der Messvorrichtung 25 nur ein wenig ändern, dann würden sich nur die durch die Messuhren 31 und 32 angegebenen Strecken Delta X bzw. Delta Z ändern. Bei einer Verstellung der Kugel 21, deren Länge grösser ist als die Bewegungsbahn der Messbolzen 33 und 34, müsste die ganze Messvorrichtung 25 dementsprechend verstellt werden, damit die Lage der Kugel 21 ermittelt werden kann.

Es versteht sich, dass der Schleifkopf 16 mit Hilfe eines entsprechenden und nicht dargestellten Antriebes um die Welle 30 bzw. um seine Achse F geschwenkt werden kann, und zwar unabhängig davon, ob die genaue Lage des Punktes F gegenüber dem Nullpunkt M bekannt ist oder nicht. Die Schwenkachse F verläuft parallel mit der Achse Y des Koordinatensystems der Maschine. Der Abstand R bzw. R′ des Kugelmittelpunktes V vom Drehpunkt F ist unveränderlich, weil der Messtaster 20 am Schleifkopf 16 befestigt ist. Die Grösse dieses Abstandes R bzw. R′ ist aus der Sicht der Maschine bzw. des Maschinenprogramms jedoch noch nicht genau bekannt, weil die Lage des Punktes F der Maschine noch nicht bekannt ist. Wenn der Kugelmittelpunkt V um die Achse F herum geschwenkt wird, dann bewegt sich V entlang einer Bahn B bzw. B′, welche die Form eines Kreisbogens aufweist. R bzw. R′ ist der Radius des entsprechenden Kreises und F ist das Zentrum dieses Kreises.

Bei der Ermittlung der genauen Lage des Punktes F geht man von einer angenommenen bzw. groben und z.B. durch Handmessung ermittelten Lage dieses Punktes F gegenüber dem Nullpunkt M der Maschine sowie von einem Radius R′ aus, welcher ebenfalls grob, beispielsweise durch Handmessung, ermittelt worden ist. Diese Angaben können von Hand in die Maschine eingegeben werden und sie dienen als Ausgangsdaten, welche in den folgenden Schritten präzisiert werden. Zur Präzisierung dieser Daten wird die Messvorrichtung 25 so positioniert, dass die Referenzmarke S der Messvorrichtung 25 in der bereits beschriebenen Weise mit dem Nullpunkt M der Maschine in Deckung gebracht wird. Der Tasterkopf 21 wird mit den Stirnplatten 35 und 36 der Messvorrichtung 25 in Anschlag gebracht und die Lage des Kugelmittelpunktes V wird mit Hilfe der Messuhren 31 und 32 und ausgehend von den bekannten Abmessungen der Kugel 21 genau festgestellt. Diese Werte können als Koordinaten des Messpunktes V im Masssystem der Maschine zum Ausdruck gebracht werden und in der Maschine gespeichert werden.

Zur Durchführung des vorliegenden Verfahrens wird der Messtaster 20 am Schleifkopf 16, vorteilhaft an seinem Gehäuse 23, angebracht. Die Messvorrichtung 25 wird auf dem Werkstückschlitten 4 derart angeordnet, dass die Marke S an dieser Messvorrichtung 25 genau über dem Nullpunkt M der Maschine liegt. Der Kopf 21 des Messtasters 20 wird zur Auflage auf den Stirnplatten 35 und 36 der so angeordneten Messvorrichtung 25 gebracht. Der Tasterkopf 21 befindet sich jetzt in seiner Anfangs- bzw. Ausgangslage und die Koordinaten des Messpunktes V am Tasterkopf 21 werden aufgrund der durch die Messvorrichtung 25 gelieferten Daten in einer Steuereinheit gespeichert, welche einen der Bestandteile der Maschine darstellt. Die Schwenkachse des Schleifkopfes 16 befindet sich jetzt in ihrer ersten Lage F und die Koordinaten dieser Lage, welche bloss angenommen werden oder welche sich aus einer Vermessung der Maschine mit Hilfe eines Massstabes ergaben, werden in der Steuereinheit ebenfalls gespeichert. Diese Daten werden gespeichert, damit sie während des weiteren Verlaufs dieses Verfahrens überprüft und wenn erforderlich auch präzisiert werden können.

Hiernach wird durch die Steuereinheit, welche

auch einen Rechner enthält, errechnet, wo sich der Messpunkt V am Tasterkopf 21 befinden würde bzw. sollte, wenn der um die Schwenkachse 30 bzw. um das Drehzentrum F schwenkbare Schleifkopf 16 um einen vorgegebenen Winkel verschwenkt wird. Weil der Schleifkopf 16 um seine Welle 30 geschwenkt wird, ist es im voraus bekannt, dass die Bahn B, entlang welcher sich der Punkt V am Tasterkopf 21 bewegen wird, die Form eines Kreisabschnittes haben wird. Unbekannt ist in diesem Moment jedoch noch die genaue Lage des Drehzentrums F in Bezug auf den Ursprung des Koordinatensystems X, Z der Maschine.

Die Koordinaten der errechneten End- bzw. Schwenklage des Messpunktes V werden in der Steuereinheit gespeichert. Danach wird der Schleifkopf 16 um den vorgegebenen Winkel um die Welle 30 geschwenkt. Dieser Winkel Beta kann beispielsweise 30 Grad betragen und die Schwenkbewegung kann im Uhrzeigersinn um die Achse F bzw. F' durchgeführt werden. Mit F' ist jene Stellung der Schwenkachse 30 des Schleifkopfes 16 bezeichnet, welche sich aufgrund einer groben Messung ergab. Mit F ist in Fig. 1 jene Stellung der Schwenkachse 30 des Schleifkopfes 16 bezeichnet, welche aus dem hier erläuterten Verfahren resultiert. Entsprechendes gilt hinsichtlich der Definition der Parameter bzw. Halbmesser R und R' sowie der Bahnen B und B'.

Nachdem der Tasterkopf 21 seine genannte End- bzw. Schwenklage erreicht hat, wird es geprüft, ob eine Abweichung zwischen der tatsächlichen und der im voraus errechneten End- bzw. Schwenklage des Tasterkopfes 21 vorhanden ist. Dies kann in der Weise ermittelt werden, dass der Werkstückschlitten 4, auf dem die Messvorrichtung 25 angeordnet ist, in der Richtung der Z-Achse in jenen Bereich der Maschine verschoben wird, wo sich der Tasterkopf 21 gemäss den genannten Berechnungen befinden soll. Der Schleifkopf 16, welcher den Messtaster 21 trägt, wird dagegen in der Richtung der X-Achse so weit verschoben, bis der Tasterkopf 21 mit der Messvorrichtung 25 ebenfalls in Berührung gelangt.

Das Masssystem der Maschine für die Richtung der Z-Achse gibt, gegebenenfalls in Kombination mit der betreffenden Messuhr 32 der Messvorrichtung 25, die tatsächliche Z-Koordinate des Punktes V im Tasterkopf 21 an, wobei diese Strecke sich aus dem Weg des Werkstückschlittens 4 ergab. Der Wert dieser Koordinate, weil er durch das Masssystem der Maschine ermittelt worden ist, kann in der Maschine, vorteilhaft automatisch, gespeichert werden. Das Masssystem der Maschine für die Richtung der X-Achse erlaubt, gegebenenfalls in Kombibation mit der betreffenden Messuhr 31 der Messvorrichtung 25, die tatsächliche X-Koordinate des Punktes V im Tatsterkopf 2 zu ermitteln, wobei diese Strecke sich aus der Verschiebung des Schleifkopfes 16 bis zum Anschlag des Tasterkopfes 21 am Messbolzen 33 der Messuhr 31 ergibt.

Am Anfang der Messung wird in den meisten Fällen die tatsächliche Lage des Kugelmittelpunktes V am Ende der Schwenkbewegung von der errechneten bzw. angenommenen Lage desselben wegen der Ungenauigkeit der Lage der Schwenkachse F' und der Ungenauig keit der Grösse von Radius R' abweichen. Die Grösse dieser Abweichung kann mit Hilfe der Messuhren 31 und 32 an der Messvorrichtung 25 genau festgestellt werden. Die Angaben der Messuhren 31 und 32 können als Strecken Delta X und Delta Z in den Speicher der Maschine eingegeben werden.

Für das weitere Vorgehen sind jetzt bekannt die Koordinaten der ursprünglichen Ausgangslage des Kugelmittelpunktes V, die angenommene Endlage desselben nach dem Verschwenken der Kugel 21 um den Winkel Beta von 30 Grad und die reale Endlage des Kugelmittelpunktes V nach dem genannten Verschwenken der Kugel 21. Die Koordinaten dieser drei Punkte sind in der Maschine gespeichert. Ausgehend von diesen Werten kann die Maschine in einem an sich bekannten mathematischen Verfahren, wie z.B. anhand einer Kreisregression, die Abweichung der angenommenen Lage des Drehzentrums F des Schleifkopfes 16 von der realen Lage F' desselben ermitteln. Die in der Maschine gespeicherten Koordinaten über die ursprünglich angenommene Lage des Drehzentrums F' werden dementsprechend korrigiert.

Wenn es eine Abweichung zwischen der tatsächlichen und der errechneten Endlage des Tasterkopfes 21 gibt, dann wird der Tasterkopf 21 aus seiner Endlage in seine Anfangslage zurückgeschwenkt. Die Welle 30 des Schleifkopfes 16 wird gegenüber dem Maschinenbett 1 derart verschoben, dass das Drehzentrum F' sich in der durch das Korrekturverfahren ermittelten Position befindet. Die Welle 30 des Schleifkopfes 16 wird somit um eine kurze Strecke in einer Richtung verschoben, so dass die Schwenkachse 30 des Schleifkopfes 16 in eine andere Lage F' gebracht wird. Ausgehend von der korrigierten Lage der Drehachse F' und des korrigierten Radius R' wird eine neue, angenommene Endlage der Kugel 21 am Ende der genannten Schwenkbahn B' des Schleifkopfes 16 errechnet. Dies geschieht in der Steuereinheit, in der die jetzt zu erwartende Schwenklage des Tasterkopfes 21 errechnet wird wenn dieser um einen vorgegebenen Winkel verschwenkt wird. Dieser Winkel kann jenem Winkel gleichen, welcher bei der vorher genannten Schwenkbewegung des Schleifkopfes 16 gewählt worden ist. Der Schleifkopf 16 wird jetzt um den vorgegebenen Winkel geschwenkt und es wird in der vorstehend genannten Weise geprüft, ob es eine Abweichung zwischen der tatsächlichen und der errechneten Schwenklage des Tasterkopfes 21 gibt.

Die Maschine vergleicht die Grösse der genannten Abweichungen bei aufeinander folgenden Messgängen. Wenn die Grösse der Abweichungen zunimmt, dann ist die Schwenkwelle 30 des Schleifkopfes 16 in falscher Richtung verschoben worden. Die Verschieberichtung der Schwenkwelle 30 des Schleifkopfes 16 wird in einem solchen Fall geändert. Die Schwenkwelle 30 wird in der geänderten Richtung verschoben und ein weiterer Messgang wird durchgeführt. Nach Beendigung dieses Messganges wird die Grösse der gerade festgestellten Abweichung mit jener Abweichung verglichen, wel-

che im vorher durchgeführten Messgang ermittelt worden ist. Die Lage der Schwenkwelle 30 wird dementsprechend geändert und ein weiterer Messgang wird durchgeführt. Die Messgänge werden mit der Maschine so lange durchgeführt, bis es keine Abweichung zwischen der errechneten und der tatsächlichen End- bzw. Schwenklage des Tasterkopfes 21 gibt. In diesem Fall werden die Koordinaten der Schwenkachse F des Schleifkopfes 16 gespeichert, damit man sie später verwenden kann.

Wenn es keine Abweichung mehr gibt, dann stimmt die angenommene Lage der Kugel 21 mit der realen Lage derselben überein. Dies ergibt sich aus der Übereinstimmung der Koordinaten des Messpunktes V an der Kugel 21 in der Anfangs- und in der Endlage der Schwenkbewegung. Von diesem Moment an gilt, dass auch die richtigen und genauen Koordinaten der Drehachse F im Koordinatensystem der Maschine ermittelt worden sind, welche in der Maschine gespeichert werden können. Folglich ist jetzt auch die Entfernung zwischen der Drehachse F und dem Nullpunkt M der Maschine bekannt oder zumindest jederzeit genau feststellbar, weil die Lage des Maschinen-Nullpunktes M durch die Konstruktion der Maschine gegeben ist.

Die bereits erwähnte kreisabschnittförmige Bewegungsbahn B des Messpunktes V kann durch einige und an dieser Bahn B liegende Punkte derselben approximiert werden. Die Koordinaten dieser Punkte können, beispielsweise mit Hilfe der am Werkstückhalter angebrachten Messvorrichtung 25, gemessen werden. Diese Punkte können zur Ermittlung der Koordinaten des Drehzentrums F des Schleifkopfes 16 benützt werden. Hierbei geht die Maschine von den Koordinaten der Punkte jener Bewegungsbahn B des Tasterkopfes 21 aus, bei der es keine Abweichung zwischen der errechneten und der tatsächlichen Endlage des Tasterkopfes 21 gibt. Ausgehend von den Koordinaten dieser Punkte sowie von den Koordinaten der Lage des Drehzentrums F des Schleifkopfes 16 wird der Radius R jenes Kreisbogens ermittelt, welchen die Bewegungsbahn B bildet. Dies erfolgt unter Benützung von an sich bekannten mathematischen Verfahren.

Die Ermittlung der Koordinaten des Referenzpunktes Rf kann anhand von Fig. 3 dargelegt werden. Wie bereits erörtert worden ist, ist die Lage der Drehachse F des Schleifkopfes 16 bereits bekannt und und die Koordinaten dieser Lage sind in der Maschine gespeichert. Zur Ermittlung der Koordinaten des Referenzpunktes Rf wird der Schleifkopf 16 bewegt, bis die Drehachse desselben bzw. der dieser entsprechende Punkt F mit dem Referenzpunkt Rf am Maschinenbett 1 in Deckung gebracht wird. Da das Masssystem der Maschine in jedem Moment die Lage der Drehachse F angibt, weist der mit dem Punkt F deckungsgleich liegende Referenzpunkt Rf dieselben Koordinaten wie die Drehachse F auf. Die Koordinaten des Punktes F sind XMR und ZMR und wegen der genannten Überdeckung der Punkte F und Rf sind dies auch die Koordinaten des Referenzpunktes Rf.

Die Winkellage des Punktes Rf gegenüber dem Nullpunkt M im Koordinatensystem der Maschine wird dadurch ermittelt, dass der Schleifkopf 16 vom Nullpunkt M in den Referenzpunkt Rf zunächst in der einen Richtung, beispielsweise in der X-Richtung, und dann in der anderen Richtung, d.h. in der z-Richtung, bewegt wird. Hierbei liefert das Masssystem der Maschine die Angaben über den Winkel jenes Vektors, welcher die Punkte M und Rf verbindet. Die Maschine bzw. das Masssystem derselben dient somit ebenfalls als eine Messvorrichtung.

Da die Distanz R zwischen dem Schlittenbezugspunkt F und dem Messpunkt V in der Kugel 21 bereits bekannt ist, kann man diese Strecke R anhand der Koordinaten XVF und ZVF zum Ausdruck bringen. Aus diesen Koordinaten können Koordinaten WegX und WegZ jener Distanz ermittelt werden, welche zwischen dem Messpunkt V und der Mitte der Messraumes in der Messvorrichtung 25 liegt. Hierbei geht man davon aus, dass die Abstände zwischen dem Maschinen-Nullpunkt M und den Achsen der Messbolzen 33 bzw. 34 durch die Konstruktion der Messvorrichtung 25 gegeben und daher bekannt sind.

Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt aus Fig. 1, in welchem von der Maschine nur diejenigen Teile derselben dargestellt sind, die für die Ausmessung der Lage eines Werkzeug-Einspannpunktes N gegenüber der Drehachse F des Schleifkopfes 16 erforderlich sind. Am Schleifkopf 16 befinden sich oft zumindest zwei Wellen 11, 111 usw. Eine dieser Wellen 11 bzw. 111 kann beispielsweise ein Werkzeug für das Aussenrundschleifen und die andere Welle kann ein Werkzeug für das Innenrundschleifen (nicht dargestellt) tragen. Im Bereich der grösseren Grundfläche des Konusses 17 schliesst sich dieser einstückig an den zylinderförmigen Teil 14 der Welle 11 bzw. 111 an. In der Mitte der genannten Konusgrundfläche, d.h. auf der Wellenachse WA liegend, befindet sich jener Punkt N, welcher als Werkzeug-Einspannpunkt bezeichnet wird. Wenn der Kopf 16 mehr als eine Welle 11, 111 usw. aufweist, dann werden die Bezeichnungen dieser Wellen indexiert, d.h. sie werden mit N1, N2 usw. bezeichnet.

Zur Ermittlung der Lage des Werkzeug-Einspannpunktes N2 wird ein Messtaster 40 verwendet, welcher ebenfalls eine Kugel 41 und eine Distanzstange 42 aufweist, wie dies im Zusammenhang mit dem bereits beschriebenen Messtaster 20 dargelegt worden ist. Die Distanzstange 42 ist beim vorliegenden Taster 40 jedoch so ausgeführt, dass sie in eine Bohrung im Konus 17 der Welle 11 eingesetzt werden kann. Die Abmessungen der Stange 42 und der Bohrung im Konus 17 sind so gewählt, dass der Abstand zwischen dem Werkzeug-Einspannpunkt N2 und dem Messpunkt W2 in der Kugel 41 genau bekannt ist.

Die Messvorrichtung 25, welche sich im Nullpunkt M der Maschine befindet, wird mit der Kugel 41 des Messtasters 40 angefahren, wie dies in Fig. 4 dargestellt ist. Delta X und Delta Z sind dabei gleich Null, weil die Messuhren 31 und 32 dieser Vorrichtung 25 auf Null gestellt sind. Die Lage der Schwenkachse F des Schleifkopfes 16 ist, wie erörtert, bereits bekannt. Der Abstand zwischen

dem Werkzeug-Einspannpunkt N2 und dem Drehachse F kann somit durch die Koordinaten XFN und ZFN, wie dies aus Fig. 4 ersichtlich ist, identifiziert werden. Wenn der Schleifkopf 16 mehrere Wellen aufweist, dann wird jede jeweils mit dem Messtaster 40 versehen, wonach die Messvorrichtung 25 jeweils angefahren wird usw. Hiernach werden die Koordinaten der entsprechenden Punkte N ermittelt und gespeichert.

Fig. 5 zeigt jene Punkte der Maschine, deren Lagen am Ende der Ausmessung der Maschine bekannt sind. Diese sind der Bezugspunkt F am Schleifschlitten 15 und am Schleifkopf 16, der Messpunkt V am Messtaster 20, der Referenzpunkt Rf sowie die Werkzeugeinspannpunkte N1, N2 usw.

Ferner wird die Schleifscheibe 10 in diesem Verfahren ausgemessen. Dies erfolgt in zwei Schritten, wobei der erste Schritt anhand von Fig. 6 und der zweite Schritt anhand von Fig. 7 beschrieben werden kann. Zunächst wird ein Messwürfel 43 oder eine andere jedoch zu demselben Zweck verwendbare Vorrichtung am Werkstückschlitten 4 angebracht. Dieser Messwürfel 43 wird so ausgerichtet, dass die Wände desselben parallel zur X- und Z-Achse verlaufen. Mit am Schleifkopf 16 angesetztem Messtaster 20 wird zunächst eine erste Wand des Messwürfels 43 und dann eine zweite Wand desselben abgetastet, welche zur erst genannten Wand des Messwürfels 43 rechtwinklig steht. Da der Abstand R zwischen F und V sowie der Durchmesser der Kugel 21 genau bekannt sind, kann die Lage der Mitte W des Messwürfels 43 von genau bekannten Abmessungen genau ermittelt und dann gespeichert werden.

Hiernach wird die Lage der Bearbeitungskante P der Schleifscheibe 10 (Fig. 7) ermittelt. Der Abstand zwischen der Achse WA der Welle 11 für die Schleifscheibe 10 und dem Punkt F ist bereits bekannt und dieser ist durch ZFN angegeben, wie dies im Zusammenhang mit Fig. 4 erläutert worden ist. Es muss auch der Abstand XNP zwischen dem Werkzeug-Einspannpunkt N an der Welle 11 und der Bearbeitungskante P der Schleifscheibe 10 ermittelt werden. Da die Lage der oberen horizontalen und parallel zur Z Achse verlaufenden Wand des Würfels 43 bekannt ist, genügt es, die Schleifscheibe 10 auf diese Würfelwand aufzusetzen. Aus der Strecke, welche die Achse F bei diesem Vorschub in der X-Richtung zurückgelegt hat, kann der Abstand XNP ermittelt werden. Dieser wird anschliessend ebenfalls gespeichert.

Ferner ist noch der Abstand ZNP zu ermitteln, welcher die Lage der Bearbeitungskante P der Schleifscheibe 10 in der Z-Richtung gegenüber dem Einspannpunkt N derselben angibt. Aus einer der vorstehend beschriebenen Messungen sind die Lagen der Seitenwände des Messwürfels 43 in der Z-Richtung ebenfalls bekannt. Zur Ermittlung von ZNP wird eine der Seitenwände des Messwürfels 43 mit jener parallel zur X-Achse verlaufenden Stirnwand der Schleifscheibe 10 angefahren, deren Kreuzungspunk mit der Umlauffläche der Scheibe 10 den Punkt P definiert. Da der Abstand zwischen F und N sowie die Lage der angefahrenen Würfelseitenwand bereits bekannt sind, kann ZNP aus der Grösse des Vorschubes des Punktes F ermitelt werden, welcher zum Anfahren der Würfelseitenwand erforderlich war.

Zum Abrichten der Schleifscheibe 10 wird normalerweise ein Abrichtdiamant 44 verwendet. Damit das Abrichten der Schleifscheibe 10 durch die Maschine ebenfalls automatisch durchgeführt werden kann, muss die Lage des Abrichtdiamantes 44 ebenfalls genau bekannt sein. Der Diamant 44 wird an einer etwas abseits liegenden Stelle des Werkstückschlittens 4 und in der Nähe des Messwürfels 43 angeordnet. Da die Lage der Arbeitskante P der Schleifscheibe 13 jetzt bereits bekannt ist, genügt es, den Diamanten 44 mit der Arbeitskante P der Schleifscheibe 10 an zwei Wänden desselben anzufahren und jene Koordinaten der Schwenkachse F zu speichern, welche die Arbeitskante P dabei aufweist.

Damit ein Werkstück 5 bearbeitet werden kann, muss die Lage des Nullpunktes A desselben bekannt sein. Die Ermittlung dieses Nullpunktes A kann anhand von Fig. 9 erläutert werden. Der Abstand zwischen der Schwenkachse F und der Arbeitskante P der Schleifscheibe 10 ist aus dem vorangehenden Verfahrensschritt bekannt. Das Werkstück 5 ist zwischen dem Werkstückhalter 71 und dem Reitstock 72 eingespannt. Im dargestellten Fall weist das Werkstück 5 eine Schulter 45 auf. Der Nullpunkt A des Werkstückes 5 befindet sich an jener Stirnwand desselben, an der der Werkstückhalter 71 angreift. Der Durchmesser des dickeren und des dünneren Abschnittes des Werkstückes 5 sowie die Länge der genannten Werkstückabschnitte ist durch die jeweilige Art des Werkstückes 5 gegeben. Diese Abmessungen sind in Fig. 9 als MASS bezeichnet.

Die in der X-Richtung verlaufende Entfernung XMA zwischen der Achse EI, die durch die Werkstückbefestigungspunkte 48 und 49 hindurchgeht, und dem Maschinen-Nullpunkt M, ist durch die Konstruktion der Maschine gegeben und somit genau bekannt. Die MASSE des Werkstückes 5 sind ebenfalls genau bekannt. Nicht genau bekannt ist lediglich die Lage des Werkstück-Nullpunktes A, d.h. des Punktes 48, in der Z-Richtung, weil die Einspannmittel 48 und 49 in der Z-Richtung verschiebbar sind.

Nachdem das Werkstück 5 zwischen den Mittel 48 und 49 eingespannt worden ist, wird die Arbeitskante P der Schleifscheibe 10 in das Innere der Schulter 45 eingeführt. Der in der Radialrichtung verlaufende Schenkel der Schulter 45 wird durch die Scheibe 10 angeschliffen und dann wird die Lage der Arbeitskante P durch das Masssystem der Maschine ermittelt. Unter der Berücksichtigung der bekannten Länge des dickeren Abschnittes des Werkstückes 5 und des bekannten Abstandes zwischen der Arbeitskante P und dem Nullpunkt M der Maschine ergibt sich der Abstand ZMA zwischen dem Nullpunkt M der Maschine und dem Nullpunkt A des Werkstückes 5 in der Z-Richtung.

Für die eigentliche Bearbeitung von Werkstücken 5 ist es zweckdienlich die genannten Strecken in der Richtung der Achsen X und Z als Komponenten von Vektoren zu behandeln und aus diesen Strek-

ken die entsprechenden Vektoren zu ermitteln. In Fig. 10 sind die wesentlichen Bestandteile der Maschine gemäss Fig. 1 zumindest schematisch wiedergegeben. Diesen Bestandteilen sind Vektoren zugeordnet, welche sich aus den ermittelten Komponenten ergaben. Diese Vektoren können die Grundlage für das Programm zur numerisch gesteuerte Bearbeitung von Werkstücken dienen.

Das Maschinenbett 1 ist in Fig. 10 durch den Nullpunkt M der Maschine angedeutet. Das Werkstück 5 ist durch den Nullpunkt A sowie durch einen Punkt WE desselben angedeutet, an dem die Schleifscheibe 10 zur Bearbeitung des Werkstückes an dieser Stelle angreifen soll. Aus den wie vorstehend beschrieben ermittelten Komponenten ergaben sich der Vektor MF zwischen dem Maschinen-Nullpunkt M und dem Schlittenbezugspunkt F, der Vektor MP zwischen dem Maschinen-Nullpunkt M und der Arbeitskante P der Schleifscheibe 10 sowie der Vektor MA zwischen dem Maschinen-Nullpunkt M und dem Nullpunkt A des Werkstückes.

Der in Fig. 10 eingezeichnete Vektor MWE ergibt sich aus der Vorgabe, dass diese Stelle WE des Werkstückes behandelt werden soll. Bevor diese Stelle WE des Werkstückes behandelt wird, befindet sich die Arbeitskante P der Schleifscheibe 10 in der Regel in einem Abstand von dieser Werkstückstelle WE. Das Programm muss aus der Lage der Werkstückstelle WE und der Kante P der Schleifscheibe 10 im Masssystem der Maschine den Vektor MWE ermitteln. Ferner muss das Programm die Komponenten dieses Vektors MWE ermitteln und den Antrieben der Maschine werden dann entsprechende Steuersignale zugeführt, welche das Heranführen der Arbeitskante P der Schleifscheibe 10 an die Werkstückstelle WE ermöglichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur numerisch steuerbaren Bearbeitung eines Werkstückes (5) an einer Schleifmaschine, welche einen Halter (4) für das Werkstück (5) sowie einen mit einer Schleifscheibe (16) ausgerüsteten Schleifkopf (16) aufweist, wobei dieser Schleifkopf auf einem Werkzeugschlitten (15) schwenkbar gelagert und zusammen mit diesem gegenüber dem Werkstückhalter (4) verschiebbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage der im Arbeitsbereich der Maschine liegenden Punkte (A, D, F, N, P, V, W) ermittelt wird, dass die Koordinatenangaben dieser Punkte zu den Grunddaten des Bearbeitungsprogramms der Maschine gemacht werden und dass das Werkstück (5) unter der Berücksichtigung dieser Koordinatenangaben bearbeitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass am Schleifkopf (16), vorteilhaft an seinem Gehäuse (23), ein Messtaster (20) und im Nullpunkt (M) der Maschine eine Messvorrichtung (25) angebracht werden, dass der Kopf (21) des Messtasters (20) einen Messpunkt (V) aufweist, welcher zur Bestimmung der Lage des Tasterkopfes (Z1) im Koordinatensystem (X, Z) der Maschine dient, dass die Koordinaten der bestehenden Lage bzw. der Anfangslage des Tasterkopfes (21) mit Hilfe der Messvorrichtung (25) ermittelt werden, dass danach mit Hilfe einer Steuereinheit, welche einen der Bestandteile der Maschine darstellt, ermittelt wird, wo sich der Messpunkt (V) des Tasterkopfes (21) befinden würde bzw. sollte, wenn der um eine Schwenkachse (30) bzw. um ein Drehzentrum (F) schwenkbarer Schleifkopf (16) um einen vorgegebenen Winkel verschwenkt wird, dass danach der Schleifkopf (16) um den vorgegebenen Winkel geschwenkt wird, wobei der Messpunkt (V) hierbei eine Bahn (B) durchläuft, und dass geprüft wird, ob es eine Abweichung zwischen der tatsächlichen und der im voraus errechneten End- bzw. Schwenklage des Tasterkopfes (21) gibt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Schleifkopf (16), wenn es eine Abweichung zwischen der tatsächlichen und der errechneten Endlage des Tasterkopfes (21) gab, aus seiner Endlage in seine Anfangslage zurückgeschwenkt wird, dass die Schwenkachse (30) des Schleifkopfes (16) innerhalb des Koordinatensystems (X, Z) der Maschine verschoben wird, so dass die Schwenkachse (F) des Schleifkopfes (16) in eine andere Lage (F) gebracht wird, dass die nun zu erwartende Schwenklage des Tasterkopfes (21) bei Verschwenkung um einen vorgegebenen Winkel errechnet wird, dass der Schleifkopf (16) um den vorgegebenen Winkel geschwenkt wird und dass geprüft wird, ob es eine Abweichung zwischen der tatsächlichen und der errechneten Schwenklage des Tasterkopfes gibt.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Koordinaten der Schwenkachse (F) des Schleifkopfes (16) gespeichert werden, sobald es keine Abweichung mehr zwischen der tatsächlichen und der errechneten Schwenklage des Messpunktes (V) am Tasterkopf (21) gibt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Koordinaten der Lage einiger Punkte an der Bewegungsbahn (B) des Messpunktes (V) am Tasterkopf (21), vorteilhaft mit Hilfe der am Werkstückhalter angebrachten Messvorrichtung (25), gemessen werden und dass ausgehend von den Koordinaten dieser Punkte sowie von den Koordinaten der Lage des Drehzentrums (F) des Schleifkopfes (16) der Radius (R) jenes Kreisbogens ermittelt wird, welchen die Bewegungsbahn (B) bildet.

6. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass jener Welle (11) am Schleifkopf (16), auf der eine Schleifscheibe (10) sitzen soll, ein Messtaster (40) zugeordnet wird, dass bei diesem der Abstand zwischen dem Messpunkt (41) desselben und dem Einspannpunkt (N) des Werkzeuges bzw. der Schleifscheibe (10) an der Welle (11) bekannt ist, dass die Messvorrichtung (25), welche im Nullpunkt (M) der Maschine angeordnet ist, mit dem Messtaster (40) angefahren wird und dass die Koordinaten des Einspannpunktes (N) in der Steuereinheit gespeichert werden.

7. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Messwürfel (43) am Werkstückhalter angebracht wird, dass dieser Messwürfel mit dem Taster (20) am Gehäuse (23) des Schleifkop-

fes (16) angefahren wird und dass die Koordinaten des Messwürfels gespeichert werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung der Lage einer der Arbeitskanten (P1 bzw. p2) der Schleifscheibe (10) der Messwürfel (43) angefahren wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage eines Abrichtdiamanten (44) ermittelt wird, indem dieser mit dem Werkzeug (10) angefahren wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage des Nullpunktes (A) des Werkstückes (5) ermittelt wird, indem eine Schulter an diesem mit einer der Arbeitskanten (P bzw. P1 bzw. P2) der Schleifscheibe (10) angefahren wird und dass die entsprechenden Koordinaten gespeichert werden.

11. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Koordinaten (X, Z) wenigstens einer der Kanten (P1 bzw. P2) der Schleifscheibe (10) ermittelt werden, nachdem der Schleifkopf (16) eine Schwenkbewegung um die Achse (F) des Schleifkopfes (16) um einen vorgegebenen Zentriwinkel Beta ausgeführt hat und dass die geschwenkte, neue Position der Scheibenkante (P) anhand der Koordinaten (X, Z) zum Ausdruck gebracht wird.

12. Verfahren nach Anspruch 4 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage der Schwenkachse (30) und somit auch der Schwenkachse (F) des Schleifkopfes (16) gleichzeitig mit einer Schwenkung der Schleifscheibe (10) um die Achse (F) derart geändert wird, dass die Schleifscheibe (10) um eine ihrer Schleifkanten (P) geschwenkt wird, ohne dass sich die Koordinaten (X, Z) dieser Schleifkante (P) ändern.

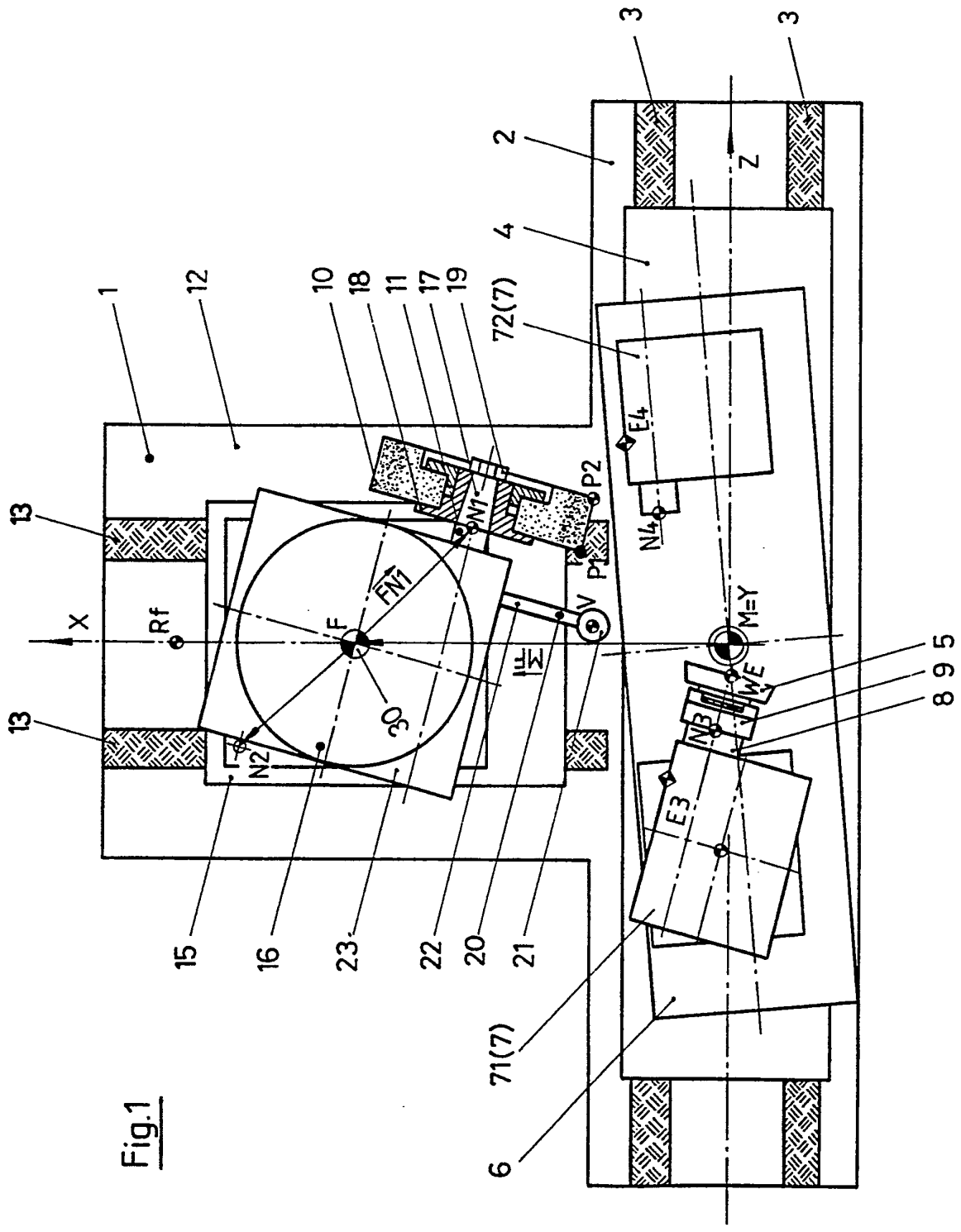

3
3
2
Z
4
1
12
10
18
11
17
19
72(7)
E4
N4
P2
N1
P1
13
X
Rf
F
FM
V
M=Y
13
30
N2
WE
WB
E3
8
9
5
15
16
23
22
20
21
71(7)
6

Fig.1

Fig. 2

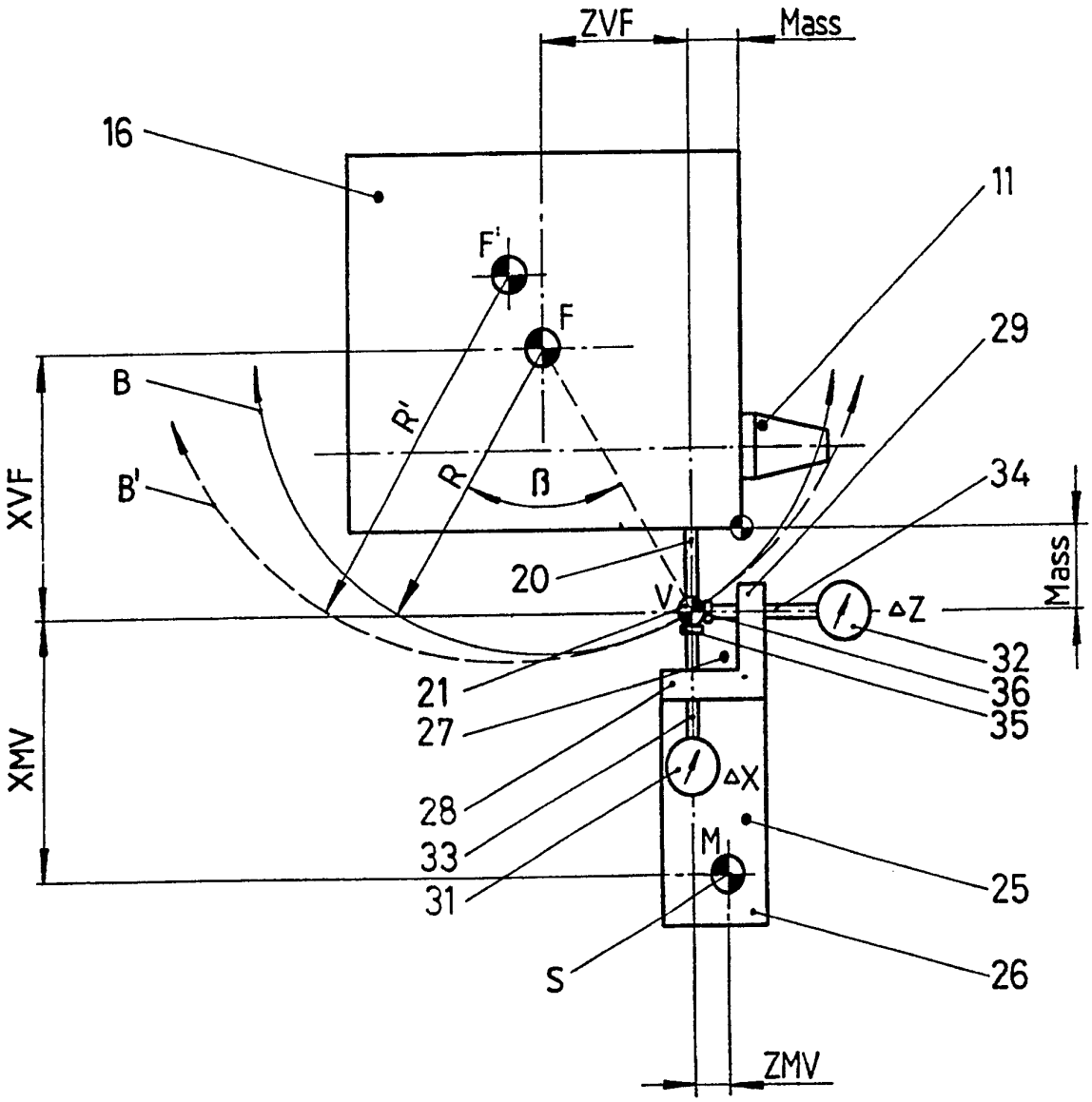
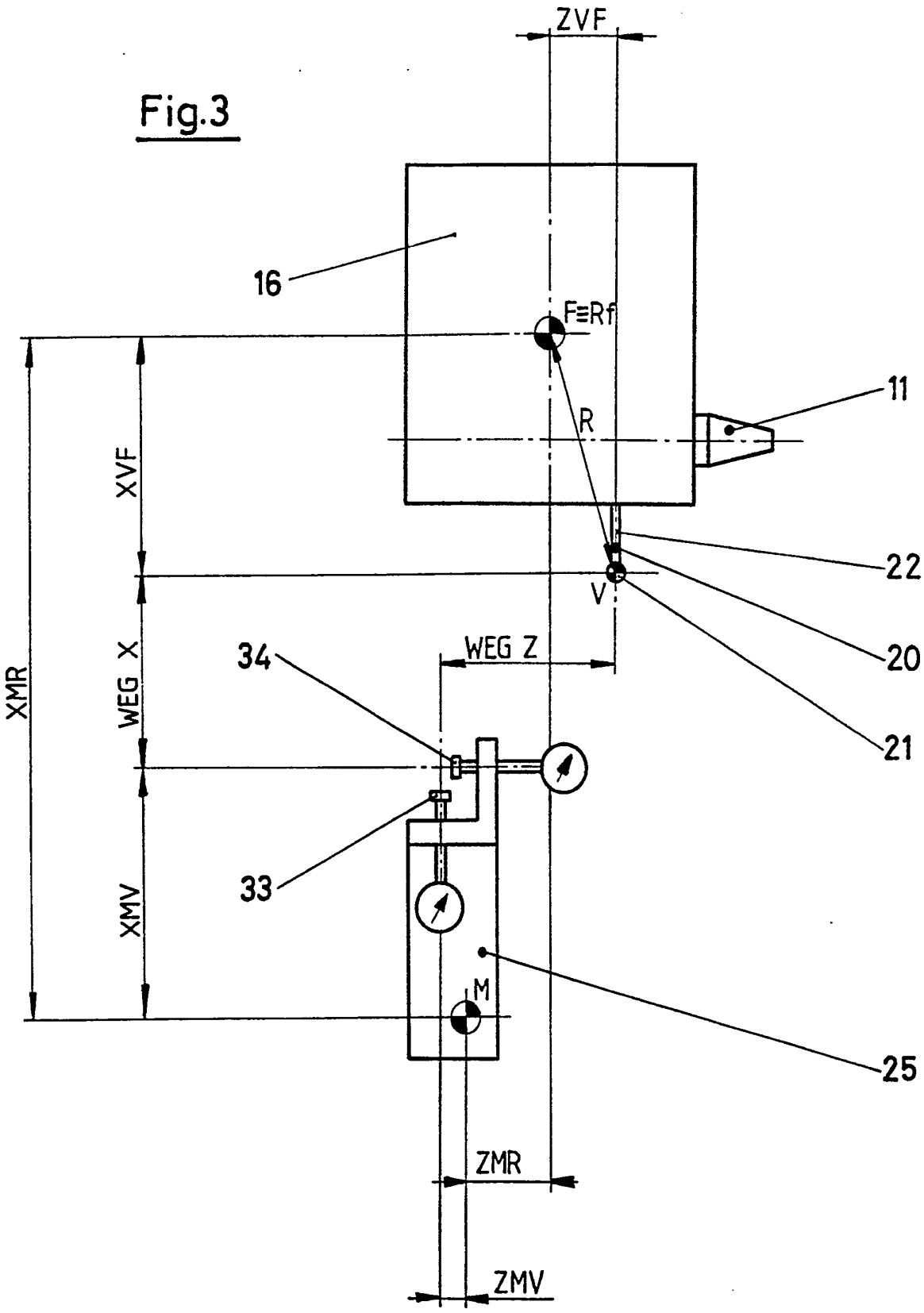

ZVF
Mass
16
11
F'
F
29
B
B'
R'
R
β
XVF
34
Mass
20
V
ΔZ
32
36
35
21
27
28
33
31
XMV
ΔX
M
25
S
26
ZMV

Fig.3



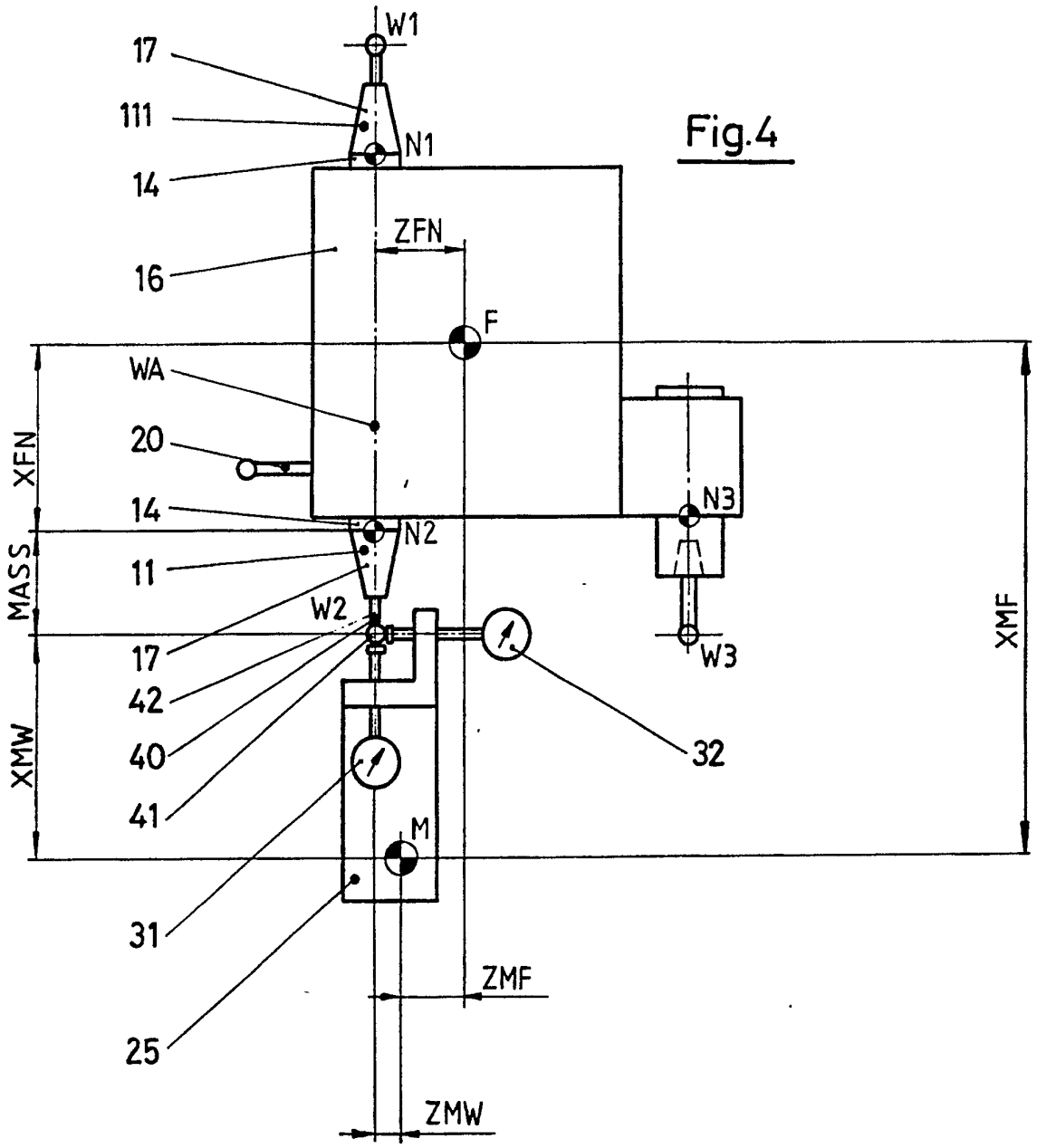

W1
17
111
N1
14
ZFN
16
F
WA
20
XFN
14
N2
N3
MASS
11
W2
17
42
40
41
W3
XMF
32
XMW
M
31
ZMF
25
ZMW

Fig.4

Fig.5

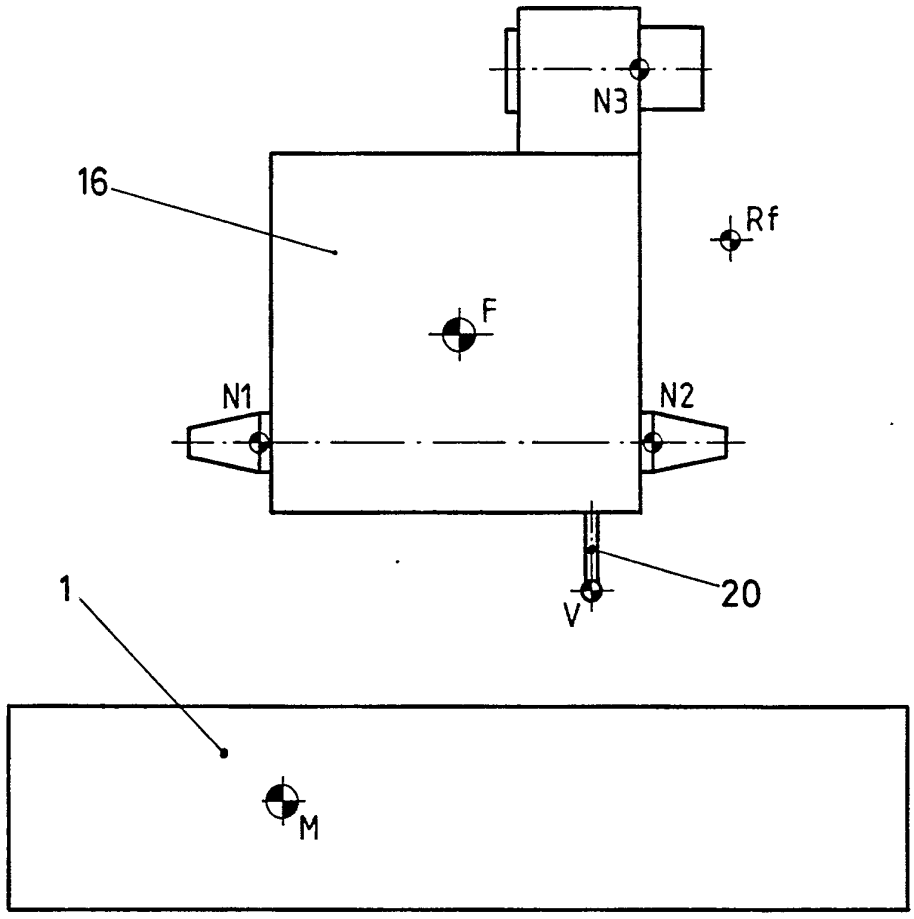


Fig.6

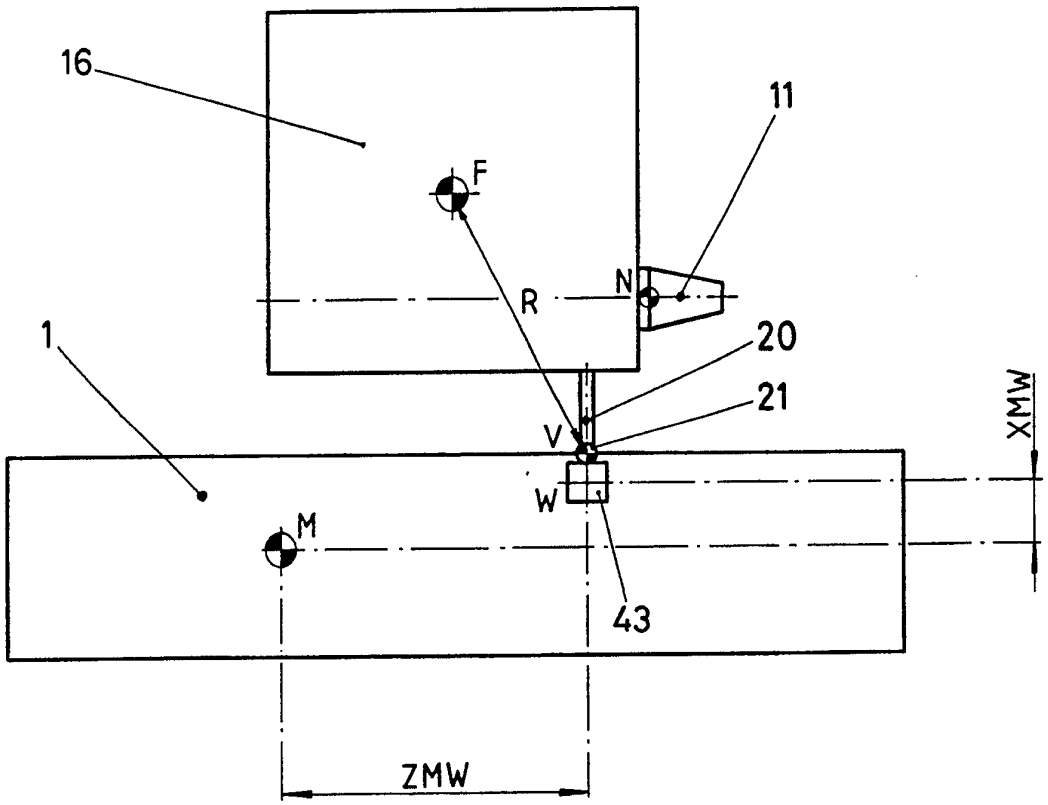


Fig.7

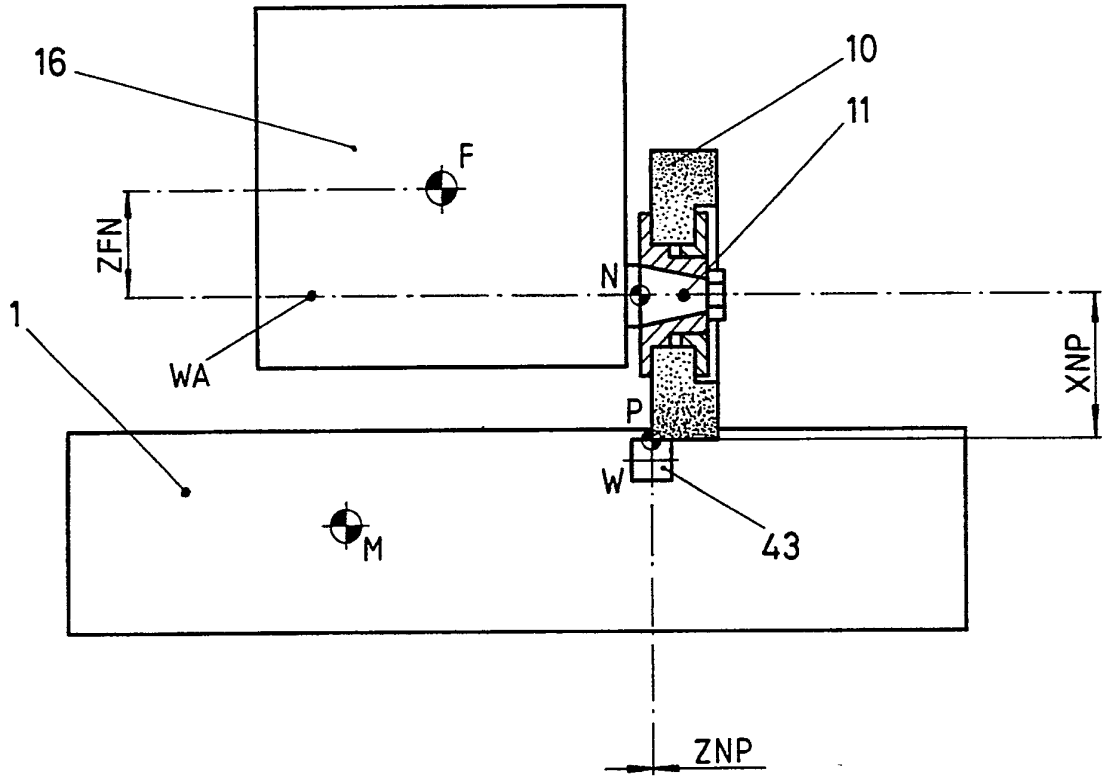


Fig.8

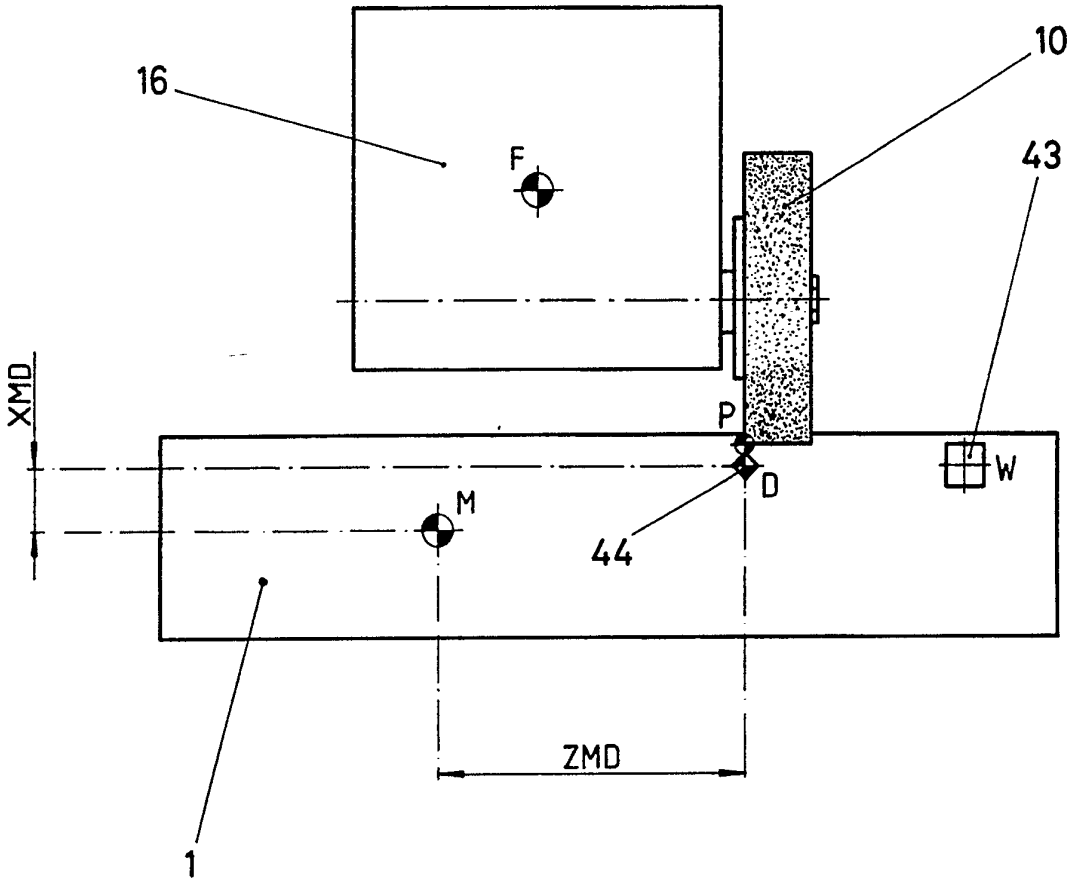


Fig.9

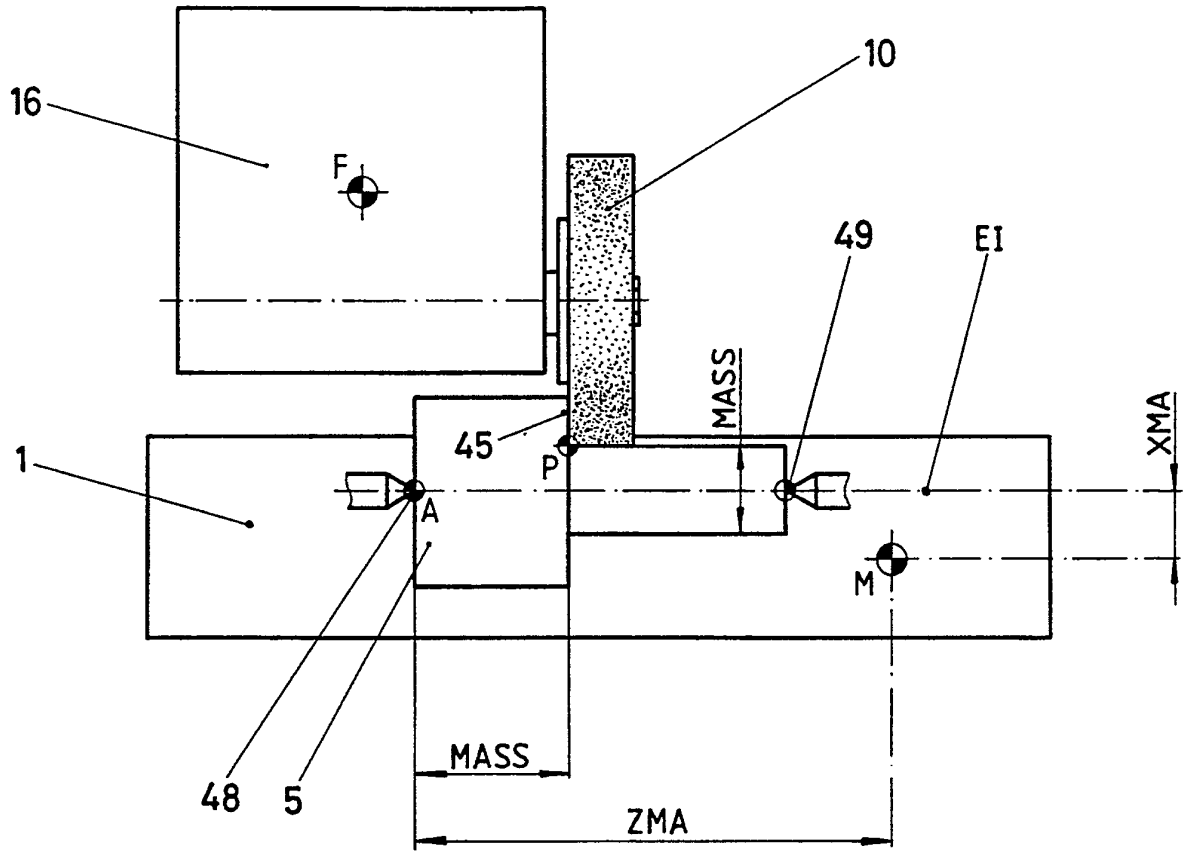
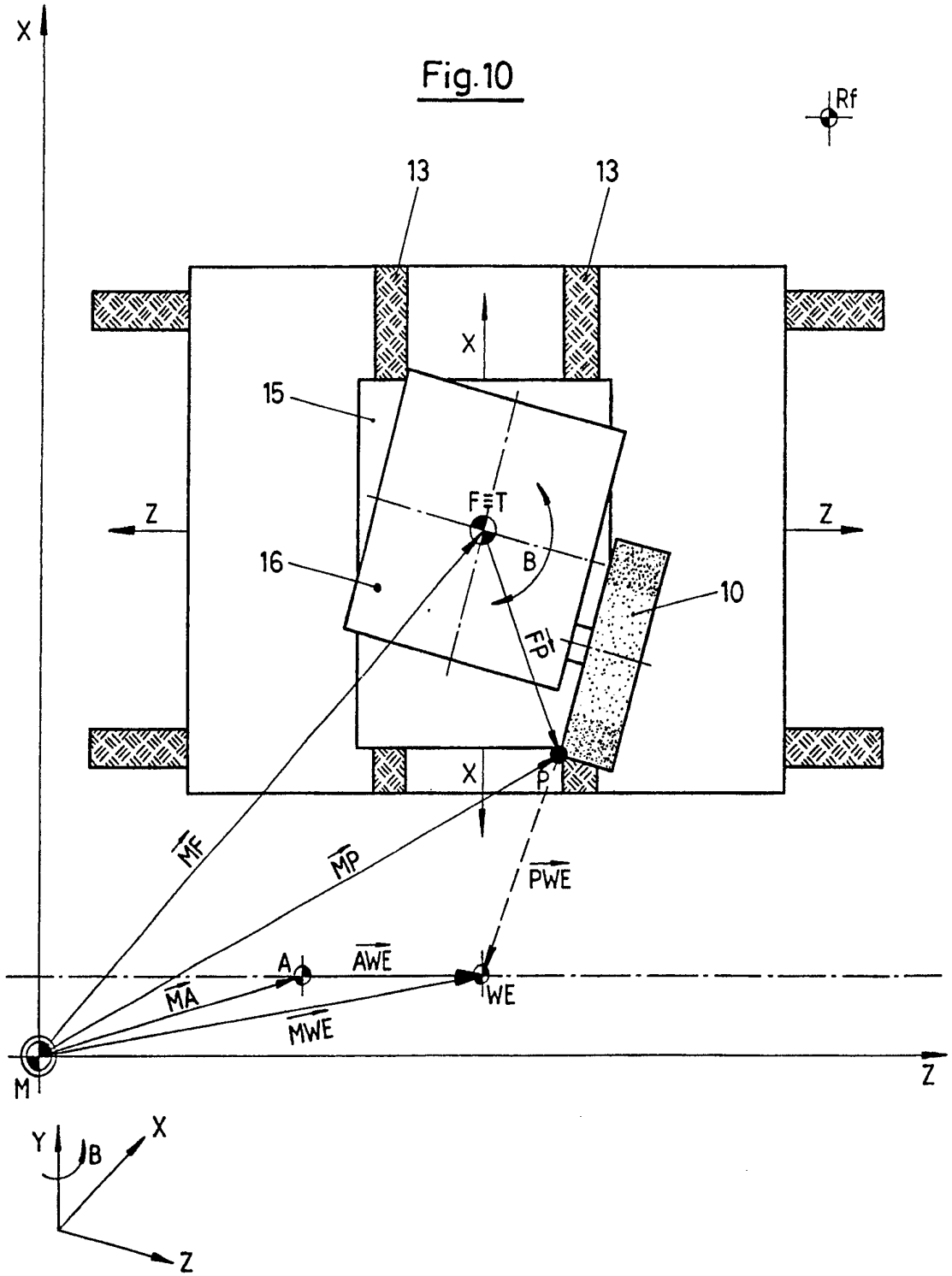



Fig.10