

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 671 748 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
21.06.2006 Patentblatt 2006/25

(51) Int Cl.:
B24B 47/22 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04029783.0**

(22) Anmeldetag: **16.12.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR LV MK YU

(71) Anmelder: **Walter Maschinenbau GmbH**
72072 Tübingen (DE)

(72) Erfinder:
• **Dilger, Christian**
70771 Leinfelden-Echterdingen (DE)

• **Engelfried, Thomas**
73666 Baltmannsweiler (DE)
• **Häckh, Heinz**
73773 Aichwald (DE)

(74) Vertreter: **Rüger, Barthelt & Abel**
Patentanwälte
Webergasse 3
73728 Esslingen (DE)

(54) **Kalibrierverfahren und solches nutzende Erodier- und Schleifmaschinen**

(57) Ein Verfahren zum Kalibrieren von Schleif- und/oder Erodiermaschinen setzt einen Erstkalibrierungsvorgang und entsprechenden Nachkalibrierungsvorgänge voraus. In dem Erstkalibrierungsvorgang wird eine Einmessung der Maschine mit einem Referenzkörper und einem Referenztaster vorgenommen, wobei der Referenzkörper an einer Arbeitsspindel oder einem Werkstückträger und der Referenztaster an dem Werkstückträger oder der Arbeitsspindel befestigt wird. Auf erste Antastvorgänge aus allen Koordinatenrichtungen folgen Schleifversuche, in denen im iterativen Vorgehen die dem Tastvorgang innewohnenden, insbesondere auf Toleranzen des Tasters beruhenden Abweichungen be-

stimmt und unwirksam gemacht werden. Unmittelbar nach Durchführung der Bearbeitungsversuche und somit Erstreferenzieren der Bearbeitungsmaschine wird das maschineninterne Messsystem kalibriert, indem der Maschinentaster und ein Probekörper aus allen Koordinatenrichtungen angetastet und die sich ergebenden Positionswerte abgespeichert werden. Spätere Nachkalibrierungen liefern Messwerte, die mit den abgespeicherten Werten verglichen werden, wobei sich aus den Abweichungen dann Korrekturwerte für die weitere Bearbeitung von Werkstücken ergeben.

EP 1 671 748 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kalibrieren und zum Nachkalibrieren einer Schleifmaschine, einer Erodiermaschine oder einer kombinierten Schleif- und Erodiermaschine sowie eine ein solches Verfahren verwirklichende Maschine.

[0002] Schleifmaschinen und/oder Erodiermaschinen werden z.B. in der Werkzeugfertigung eingesetzt, um Werkzeuge mit hoher Präzision herzustellen. Dabei werden zunehmend höchste Anforderungen an die Bearbeitungsgenauigkeit gestellt. Diese ist nicht nur im Einzelfall sondern auch in der Serie und über lange Zeiträume hinweg sicher zu stellen. Dies erfordert eine sorgfältige Kalibrierung der betreffenden Maschine sowie ihrer Steuerung. Diese Kalibrierung soll möglichst langfristig wirksam sein und auf einfache Weise erfolgen.

[0003] Davon ausgehend ist es Aufgabe der Erfindung, ein Kalibrierverfahren für eine Schleifmaschine oder Erodiermaschine zu schaffen, mit dem sich die Bearbeitungspräzision von Werkstücken langfristig sicher stellen lässt. Außerdem ist es Aufgabe der Erfindung, eine ein solches Verfahren verwirklichende Maschine zu schaffen.

[0004] Diese Aufgabe wird zumindest zu ihrem ersten Teil mit dem Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst:

Das erfindungsgemäße Verfahren beruht darauf, dass die betreffende Maschine nach einer Erstkalibrierung von Zeit zu Zeit Nachkalibrierungen durchführt, wobei die Erstkalibrierung mit einem Referenz- taster und die Nachkalibrierungen mit einem Maschi- nentaster durchgeführt werden. Die mit dem Maschi- nentaster im Nachkalibriervorgang gewonnenen Ka- librierwerte stellen Korrekturdaten dar, die abgespei- chert und von den Maschinensteuerprogrammen bei nachfolgenden Schleif- oder Erodiervorgängen be- nutzt werden, um die Achsbewegungen der Schleif- oder Erodiermaschine zu korrigieren. Die Nachkali- brierung kann bedarfsweise von Zeit zu Zeit auto- matisch durchgeführt werden und führt somit die Nachkalibrierung in ihrer Genauigkeit auf die Erst- kalibrierung zurück. Die Erstkalibrierung wird vor- zugsweise mit einem Referenz- taster durchgeführt, der an der Werkstückhalterung befestigt wird. An der Arbeitsspindel wird an Stelle des Erodier- oder Schleifwerkzeugs ein Referenzkörper, beispielswei- se eine Referenzscheibe, befestigt. Ist dies gesche- hen wird in dem ersten Schritt der Referenzkörper durch den Referenz- taster mehrfach angetastet. Vor- zugsweise wird dabei für jede Koordinatenrichtung X, Y, Z, die beispielsweise mit Verstellrichtung ent- sprechender, auf die Werkstückhalterung oder den Arbeitsspindelträger einwirkenden Positionierein- richtungen übereinstimmt, jeweils mindestens ein Tastvorgang durchgeführt. Dadurch wird für jede Ko- ordinatenrichtung ein erster Messwert gewonnen. Im Einzelnen erfolgt die Gewinnung des Messwerts,

indem die von den einzelnen Koordinaten zugeord- neten Stelleinrichtungen gelieferten Positionswerte mit der bekannten Dimension der Referenzscheibe und des Referenz- tasters verrechnet werden. Aller- dings sind die so erhaltenen Messwerte, nur eine erste Näherung, denn der Schalterpunkt des vorzugs- weise schaltenden Referenz- tasters ist in der Regel nicht exakt bekannt. Es wird deshalb zur Berechnung zunächst einmal ein Schalterpunkt des Tasters willkürlich angenommen und unter Voraussetzung dieser Annahme sowie der bekannten Scheiben und Tasterdimension sowie der Koordinatenwert der Stellorgane ein erster Korrekturwert Δx , Δy , Δz für alle Koordinaten berechnet. Dieser Korrekturwert soll die Fehlpositionierung ausdrücken, die sich in jeder Koordinatenrichtung durch Bauungenauigkei- ten des Maschinengestells, der Führungen, durch thermische Änderungen und dergleichen ergibt. Die Korrekturwerte werden in der Steuereinrichtung oder einem dieser zugeordneten Speicher abge- speichert.

[0005] In dem zweiten Schritt wird nun eine Probe- schleifvorgang durchgeführt, bei dem die abgespei- cherten Korrekturwerte zur Korrektur der Steuerbefehle der Stelleinrichtungen verwendet werden. Sie werden vor- zeichenrichtig zu den für den Probeschleifvorgang vor- gegebenen Koordinatenrichtungen addiert. In dem Pro- beschleifvorgang wird ein Probekörper mehrfach ange- schliffen und zwar für jede zu prüfende Koordinate aus zwei Richtungen. Die Anschliffe sind beispielsweise klei- ne, in die Oberfläche des Probekörpers eingeschliffene Facetten. Zwei zur gleichen Koordinate gehörige, aus unterschiedlichen Koordinatenrichtungen (z.B. +x und -x) ausgeführte Probeschleife, bzw. die zugehörigen Fa- cetten werden dabei an dem Probekörper nebeneinan- der angeordnet. Aus dem Größenunterschied lässt sich auf den Positionierfehler zwischen +x und -x schließen. Sind beide Facetten gleich groß ist kein Positionierfehler vorhanden. Sind die Facetten unterschiedlich groß wird aus dem Größenunterschied ein Korrekturwert Δx , Δy , Δz abgeleitet und in der Steuereinrichtung bzw. dem Speicher abgespeichert. Es folgt dann ein zweiter Pro- beschleif, der wiederum gleichermaßen ausgewertet wird. Diese Iteration wird so lange wiederholt bis in der betreffenden Koordinatenrichtung gleich große Facetten geschliffen werden. Es genügt in der Regel, diesen Ite- rationsprozess für eine einzige Koordinate, beispielswei- se die X-Koordinate durchzuführen. Dies gilt zumindest wenn der verwendete Referenz- taster für eine seitliche Auslenkung seines Taststifts in allen Radialrichtungen die gleiche Schalterpunktlage aufweist. Die für die X-Ko- ordinate (oder die jeweils andere ausgewählte Koordi- nate) gewonnenen Tasterkorrekturwerte können dann für die anderen verbleibenden Koordinaten angewandt werden.

[0006] Hat die Schleif- oder Erodiermaschine auf diese Weise ihre Erstkalibrierung erhalten, erfolgt in unmittel-

barer zeitlicher Folge die erste Nachkalibrierung, indem der in der Maschine vorhandene Probekörper und der in der Maschine vorhandene Maschinentaster in Eingriff gebracht werden. Die bei dieser Probeantastung erhaltenen Korrekturwerte Δx_n , Δy_n , Δz_n werden abgespeichert. Sie kennzeichnen die Messabweichung des Maschinentasters gegenüber dem Referenzaster. Spätere Nachkalibriervorgänge werden an diesen bei der Erstkalibrierung gewonnenen Korrekturwerten gemessen. Ergeben sich bei der späteren Nachkalibrierung beispielsweise für die drei Koordinatenrichtungen X, Y, Z Werte Δx_s , Δy_s , Δz_s , die von Δx_n , Δy_n , Δz_n abweichen, stellen diese Abweichungen dann die beispielsweise durch Temperaturänderung hervorgerufene Dimensionsänderung der Maschine dar und werden bei der weiteren Bearbeitung berücksichtigt.

[0007] Es wird als vorteilhaft angesehen, den Referenzaster bzw. zumindest einer Koordinatenrichtung zweimal zur Antastung heranzuziehen. Dabei wird er vorzugsweise einmal in Tasterlängsrichtung und einmal in Tasterquerrichtung beansprucht und geschaltet. Aus den beiden Tastversuchen lässt sich der Drehpunkt des Taststifts berechnen, der für die weiteren Messwertverarbeitungsvorgänge von Bedeutung ist.

[0008] Der zweite Teil der eingangs genannten Aufgabe wird durch eine Maschine mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst. Diese Maschine ist mit einem Probekörper und einem Maschinentaster versehen, wobei eines dieser Elemente an dem Arbeitsspindelträger und das jeweils andere Element an dem Werkstückträger befestigt ist. Die Maschine weist außerdem eine Steuereinrichtung mit der entsprechenden Steuersoftware auf, die in einem Kalibriermodus den Kalibriervorgang mit einem Referenzaster und in einem Nachkalibriermodus den beschriebenen Nachkalibriervorgang mit dem entsprechenden Maschinentaster durchführen kann. Die Steuersoftware arbeitete die oben genannten Schritte ab, wobei sie von dem Bediener in dem Kalibriervorgang (Erstkalibrierung) Eingaben fordert. Die Eingaben können im einfachsten Fall Schätzwerte für die Maßabweichung Δx sein, die sich aus dem Größenunterschied der in Schritt 2 erzeugten Facetten ergibt. Hier muss der Maschineneinrichter einen vernünftigen Schätzwert liefern. Es ist jedoch auch möglich, in der Steuersoftware einen Schätzmodul unterzubringen, der aus dem Größenunterschied der Facetten auf den Korrekturwert Δx (bzw. Δy oder Δz) schließt. Das Schätzmodul beruht dabei auf der Annahme, dass einem größeren Größenunterschied zwischen den Facetten tendenziell ein größerer Korrekturwert Δx zuzuordnen ist. Im einfachsten Fall wird ein proportionaler Zusammenhang angenommen und zugrunde gelegt.

[0009] Weitere Einzelheiten von vorteilhaften Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus der Zeichnung, der Beschreibung sowie Ansprüchen. In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht. Es zeigen:

Figur 1

eine Schleif- oder Erodiermaschine in aufs äußerste schematisierter Darstellung,

5 Figur 2 bis 5

verschiedene Stadien eines Erstkalibriervorgangs in schematisierter Darstellung,

Figur 6 und 7

10

einen Schleifkopf mit Schleifwerkzeug im Eingriff mit einem Rohling während eines Probeschleifvorgangs in verschiedenen Positionen in jeweils schematisierter Draufsicht,

15 Figur 8

das Schleifwerkzeug und den Rohling gemäß Figur 6 und 7 in einer schematisierten Stirnansicht,

Figur 9

20

den angeschliffenen Rohling in einer schematisierten Seitenansicht in einem anderen Maßstab,

Figur 10 und 11

25

den Schleifkopf mit einem Schleifwerkzeug und dem Rohling in unterschiedlichen Schleifpositionen während eines Schleifvorgangs jeweils in einer aufs äußerste schematisierten Draufsicht und

30 Figur 12

den Rohling nach Durchführung des Schleifvorgangs gemäß Figur 10 und 11 in einer schematisierten Stirnansicht.

35 **[0010]** In Figur 1 ist schematisiert eine Schleifmaschine 1 veranschaulicht, die ein Maschinengestell 2 aufweist, das einen Schleifkopf 3 und einen Werkstückhalter 4 trägt. Der Schleifkopf 3 ist über eine entsprechende Schlittenanordnung in zwei Richtungen Y, Z verfahrbar gelagert. Zur Verstellung des Schleifkopfs in diesen beiden Richtungen dienen entsprechende Antriebe, die über eine Y-Steuerleitung 5 und eine Z-Steuerleitung 6 an eine Steuereinrichtung 7 angeschlossen sind. Unter "Steuerleitung" wird hier jeder Informationskanal, beispielsweise auch ein Datenbus verstanden, mit dem Steuerbefehle an den entsprechenden Antrieb übertragbar und Positionssignale von diesem an die Steuereinrichtung 7 zurück lieferbar sind.

40 **[0011]** Der Werkstückhalter 4 ist ebenfalls über eine Schlittenanordnung an dem Maschinengestell 2 gelagert, so dass er in X-Richtung verstellbar ist. Seine X-Stellbewegung wird über eine X-Steuerleitung 8 von der Steuereinrichtung 7 kontrolliert. Außerdem kann vorgesehen sein, dass der Werkstückhalter 4 um eine Vertikalachse A schwenkbar gelagert ist. Die Schwenkbewegung wird durch einen Schwenkantrieb bewirkt, der über eine A-Steuerleitung 9 mit der Steuereinrichtung 7 verbunden ist. Die Steuereinrichtung 7 ist beispielsweise ein

Steuercomputer mit Zugriff auf eine Speichereinrichtung 11, die Daten und Programme abspeichern und zum Zugriff durch die Speichereinrichtung 7 bereithalten kann.

[0012] Der Schleifkopf 3 weist eine Arbeitsspindel 12 auf, an der Schleifwerkzeuge, z.B. Schleifscheiben befestigt werden können, um Werkstücke zu bearbeiten. Die Drehachse der Arbeitsspindel 12 ist parallel zu der Y-Richtung orientiert. An dem Schleifkopf 3 ist außerdem ein Maschinentaster 14 angeordnet, der ein Tastelement 15 zum Antasten eines Probekörpers 16 aufweist, der an dem Werkstückhalter 4 befestigt ist. Der Probekörper 16 ist beispielsweise eine an dem Werkstückhalter 4 starr montierte Kugel, während das Tastelement 15 ein Taststift mit Tastplatte und/oder Tastkugel ist. Der Werkstückhalter 4 weist eine Aufnahme 17 für ein Werkstück, z.B. einen zylindrischen Rohling, auf, aus dem in einem Schleifverfahren ein Bohrer oder ein sonstiges Werkzeug zu erzeugen ist.

[0013] Die insoweit beschriebene Schleifmaschine 1 wird folgendermaßen kalibriert:

Um eine Erstkalibrierung durchzuführen, werden, wie Figur 2 veranschaulicht, an der Arbeitsspindel 12 des Schleifkopfs 3 ein Referenzkörper z.B. in Form einer Referenzscheibe 18 und an der Werkstückaufnahme 17 des Werkstückhalters 4 ein Referenzaster 19 befestigt. Dieser ist beispielsweise als schaltender Messtaster ausgebildet. Sein Taststift 21 ist seitlich auslenkbar sowie axial bewegbar. Bei einer seitlichen Auslenkung wird er, wie in Figur 3 angedeutet ist, um einen Drehpunkt D geschwenkt.

[0014] Nachdem die Referenzscheibe 18 und der Referenzaster 19 an dem Schleifkopf 3 bzw. dem Werkstückhalter 4 befestigt worden sind veranlasst die Steuereinrichtung 7 in einer Kalibrierbetriebsart den Schleifkopf 3 in Z-Richtung auf Höhe des Werkstückhalters 4 zu verfahren und sie veranlasst den Werkstückhalter 4 in X-Richtung auf den Schleifkopf 3 zu verfahren, um mit dem Referenzaster 19, wie in Figur 2 veranschaulicht, die Referenzscheibe 18 anzutasten. Dazu ist der Werkstückhalter 4 um seine Achse A so gedreht, dass der Taststift 21 längs zur X-Richtung steht. Wenn der Taster seinen Schalterpunkt erreicht wird die Zustellbewegung des Werkstückhalters 4 gestoppt. Die über die X-Steuerleitung 8 erhaltenen Positionsdaten des Werkstückhalters 4 werden nun mit den bekannten und eingespeicherten Dimensionsdaten der Referenzscheibe 18 und des Referenzasters 19 verrechnet. Aus den Dimensionen des Referenzasters 19 und der Referenzscheibe 18 sowie X-Positionsdaten ergibt sich ein erwarteter Schalterpunkt, bei dem der Referenzaster 19 ansprechen müsste. Der tatsächliche Schalterpunkt weicht davon in der Regel ab. Die Wegdifferenz Δx wird abgespeichert.

[0015] Es wird sodann, wie in Figur 3 veranschaulicht ist, die der A-Achse zugeordnete Steuereinrichtung über die A-Steuerleitung 9 so angesteuert, dass der Referenzaster 19 mit seinem Taststift 21 parallel zu der Y-Rich-

tung steht. Sodann wird wiederum durch eine Ansteuerung des der X-Richtung zugeordneten Antriebs über die X-Steuerleitung 8 ein Antasten der Referenzscheibe 18 in X-Richtung vorgenommen. Auch aus diesem Tastversuch wird ein Δx -Wert bestimmt, wobei sich aus dem Vergleich der Resultate der beiden Tastversuche gemäß Figur 2 und Figur 3 die Position der Schwenkachse D des Taststifts 21 in dem Referenzaster 19 bestimmen lässt.

[0016] Es folgen nun ein in Figur 4 veranschaulichter Tastversuch, bei dem die in Figur 4 senkrecht zur Zeichenebene stehende Z-Achse als Tastrichtung benutzt wird. Dazu wird die der Z-Richtung zugeordnete Antriebseinrichtung über die Z-Steuerleitung 6 so angesteuert, dass der Referenzaster 19 anspricht. Danach wird gemäß Figur 5 ein Tastversuch für die Y-Richtung vorgenommen. Es ergeben sich entsprechende Werte Δx , Δy . Diese werden abgespeichert.

[0017] Unmittelbar nach Durchführung dieser Tastvorgänge wird noch immer im Rahmen des ersten zur Neukalibrierung dienenden Schritts eine Serie von Schleifversuchen vorgenommen. Diese sind in den Figuren 6 bis 12 veranschaulicht. Ein erster, der X-Richtung zugeordneter Schleifversuch beruht darauf, dass, gemäß Figur 6, ein von dem Werkstückhalter 4 gespannter zylindrischer Rohling oder sonstiger Körper 22 in Y-Richtung ausgerichtet und in X-Richtung an eine von dem Schleifkopf 3 getragene Schleifscheibe 23 herangeführt wird. In X-Richtung wird nun eine Zustellbewegung vorgenommen, die auf eine Sollschleiftiefe führt. Ein kurzer Hub in Y-Richtung vervollständigt dann den Schleifvorgang. Der zweite Schleifversuch wird gemäß Figur 7 an dem gleichen Körper 22 mit der gleichen Schleifscheibe 23 vorgenommen, in dem der Werkstückhalter 4 um 180° um die A-Achse und der Körper 22 um 180° um seine Längsachse gedreht worden ist. Unmittelbar neben der im ersten Schleifversuch erzeugten und in Figur 9 veranschaulichten Facette 24 wird nun eine zweite Facette 25 erzeugt. Dabei wird nach den vorhandenen Maschineneinstellenden die gleiche Schleiftiefe angestrebt. Diese wird jedoch im ersten Versuch im allgemeinen nicht unmittelbar erreicht werden, denn der im oben beschriebenen Referenzieren gewonnene Korrekturwert Δx (gewonnen gemäß Figur 2 und Figur 3) ist zunächst noch unpräzise. Figur 8 veranschaulicht, wie die Schleifscheibe 23, bei den beiden Schleifversuchen gemäß Figur 6 und Figur 7 tatsächlich unterschiedlich tief in den Körper 22 eindringt, so dass die Facetten 24, 25 erheblich unterschiedliche Größen schon dann aufweisen, wenn sich die Schleiftiefe kaum unterscheidet.

[0018] Aus dem Größenunterschied der Facetten 24, 25 kann nun auf eine nötige Korrektur des Korrekturwerts Δx geschlossen werden. Im einfachsten Fall kann dies vom Bediener vorgenommen und über eine Eingabeeinrichtung in die Steuereinrichtung 7 eingegeben werden. Es ist jedoch auch möglich, lediglich den Größenunterschied der Facetten 24, 25, d.h. den Unterschied von deren Erstreckung bezüglich der Umfangsrichtung des

Körpers 22 zu messen und dieses Maß in die Steuereinrichtung 7 einzugeben. In diesem Fall kann die Steuereinrichtung 7 dem Korrekturwert Δx durch ein Maß korrigieren das dem Größenunterschied der Facetten 24, 25 proportional ist.

[0019] Nach Durchführung dieser Korrektur wird der Schleifversuch gemäß Figur 6 und 7 und das darauf folgende Vermessen der Facetten 24, 25 sowie Korrigieren des Korrekturwerts Δx so lange wiederholt bis die Facetten 24, 25 gleich groß sind. Ist dies erreicht kann der nun bestimmte zu dem Korrekturwert Δx hinzu zu rechnende, in den Schleifversuchen iterativ bestimmte zusätzliche Korrekturwert Δx_R als Korrekturwert des Referenztasters angesehen und für die übrigen Koordinatenrichtungen Y und Z gleichermaßen angewendet werden. Dies zumindest dann wenn der Referenztaster 19 in allen Auslenkrichtungen, die quer zu seinem Taststift 21 orientiert sind, die gleiche Schalterpunktlage aufweist.

[0020] Während der in den Figuren 6 bis 9 veranschaulichte Schleifversuch zur Referenzierung der Tastvorgänge des Referenztasters 19 gemäß Figur 3 bis 5 genutzt wird, veranschaulichen die Figuren 10 bis 12 einen Probeschleifvorgang zur Referenzierung des Referenztasters 19 bei seinem Tastvorgang gemäß Figur 2. Es wird wiederum der Probekörper 22 oder auch ein anderer entsprechender Probekörper verwendet und diesmal an seiner Stirnseite angeschliffen. Dazu wird er aus positiver und negativer X-Richtung an die Schleifscheibe 23 herangeführt und jeweils nominell gleich tief angeschliffen. Aus dem gemäß Figur 12 erscheinenden Schleifbild mit unterschiedlichen Facetten 26, 27 kann wiederum auf einen X-Fehler geschlossen werden. Dieser kennzeichnet eine Abweichung Δx_A für die Axialrichtung des Referenztasters 19. Die Bestimmung des Werts Δx_A ist vollständig wenn die in den iterativ durchzuführenden Schleifversuchen erhaltenen Größen der Facetten 26, 27 gleich groß sind.

[0021] Nach der insoweit erfolgten Referenzierung der Schleifmaschine 1 und des Referenztasters 19 muss eine erste Nachkalibrierung der Schleifmaschine 1 vorgenommen werden, in der der Maschinentaster 14 kalibriert wird. Dieser Vorgang ist in den Figuren 13 bis 16 veranschaulicht. Die Nachkalibrierung erfolgt durch Antasten des Probekörpers 16 durch den Maschinentaster 14 bzw. dessen Tastelement 15, das z.B. durch einen Würfel gebildet ist. Dazu wird der Probekörper 16 gemäß Figur 3 und 4 zweimal in X-Richtung angetastet, wobei er zwischen beiden Tastversuchen um 90° um die A-Achse gedreht wird. Nachdem unmittelbar zuvor eine Erstkalibrierung mit dem Referenztaster 19 durchgeführt worden ist, werden die nun erhaltenen Schaltpositionen, bei denen der Maschinentaster 14 anspricht, abgespeichert und als Sollwerte betrachtet. Entsprechend wird der Probekörper 15 gemäß Figur 15 in Y-Richtung und gemäß Figur 16 in Z-Richtung angetastet, wobei die erhaltenen Schaltpositionen wiederum als Sollwerte abgespeichert werden.

[0022] Die Kalibrierung der Schleifmaschine ist somit

vollständig abgeschlossen. Sie kann auf Basis der vorhandenen Korrekturwerte Δx , Δy , Δz , Δx_R , Δx_A in Betrieb gehen.

[0023] Wird nun nach einiger Zeit eine Nachkalibrierung erforderlich, beispielsweise weil die Schleifmaschine eine Temperaturänderung erfahren hat, werden die Nachkalibrierschritte gemäß Figur 13 bis Figur 16 wiederholt. Ergeben bei diesen vier Probetastvorgängen Abweichungen zu den bei der Erstkalibrierung abgespeicherten Daten, werden die Abweichungen zu den abgespeicherten Werten ermittelt und wiederum abgespeichert. Sie werden als Nachkalibrierungskorrekturwerte bei der zukünftigen Positionierung des Schleifkopfs 3 bzw. des Werkstückträgers 4 berücksichtigt.

[0024] Die Nachkalibrierung kann beliebig oft wiederholt werden und erfolgt jedes Mal durch Antastung des Probekörpers 16 mit dem Maschinentaster 15 aus verschiedenen Tastrichtungen. Eine Neukalibrierung ist nicht erforderlich.

[0025] In ähnlicher Weise kann eine Neukalibrierung und eine Nachkalibrierung für Erodiermaschinen oder an kombinierten Schleif-Erodiermaschinen durchgeführt werden.

[0026] Ein Verfahren zum Kalibrieren von Schleif- und/oder Erodiermaschinen setzt einen Erstkalibrierungsvorgang und entsprechenden Nachkalibrierungsvorgänge voraus. In dem Erstkalibrierungsvorgang wird eine Einmessung der Maschine mit einem Referenzkörper und einem Referenztaster vorgenommen, wobei der Referenzkörper an einer Arbeitsspindel oder einem Werkstückträger und der Referenztaster an dem Werkstückträger oder der Arbeitsspindel befestigt wird. Auf erste Antastvorgänge aus allen Koordinatenrichtungen folgen Schleifversuche, in denen im iterativen Vorgehen die dem Tastvorgang innewohnenden, insbesondere auf Toleranzen des Tasters beruhenden Abweichungen bestimmt und unwirksam gemacht werden. Unmittelbar nach Durchführung der Bearbeitungsversuche und somit Erstreferenzieren der Bearbeitungsmaschine wird das maschineninterne Messsystem kalibriert, indem der Maschinentaster und ein Probekörper aus allen Koordinatenrichtungen angetastet und die sich ergebenden Positionswerte abgespeichert werden. Spätere Nachkalibrierungen liefern Messwerte, die mit den abgespeicherten Werten verglichen werden, wobei sich aus den Abweichungen dann Korrekturwerte für die weitere Bearbeitung von Werkstücken ergeben.

50 Patentansprüche

1. Verfahren zum Kalibrieren und zum Nachkalibrieren einer Schleifmaschine (1), einer Erodiermaschine oder einer kombinierten Schleif- und Erodiermaschine, die eine Arbeitsspindel (12) zur Aufnahme eines Schleifwerkzeugs (23) oder eines Erodierwerkzeugs und einen an einem Arbeitsspindelträger (3) verbundenen Maschinentaster (14) aufweist und die für das

Werkstück einen Werkstückträger (4) mit einer Werkstückaufnahme (17) aufweist, wobei der Arbeitsspindelträger (3) und der Werkstückträger (4) mittels einer Stelleinrichtung in Bezug aufeinander unter der Kontrolle einer Steuereinheit (7) gegen einander verstellbar sind, wobei die Steuereinheit (7) eine Speichereinrichtung (8) aufweist, um Kalibrierwerte zu speichern und wobei an dem Arbeitsspindelträger (3) und an dem Werkzeugträger (4) ein Maschinentaster (14) und ein Probekörper (16) befestigt sind,

mit einem ersten Schritt, in dem die Arbeitsspindel (12) mit einem Referenzkörper (18) und die Werkstückaufnahme (17) mit einem Referenzaster (19) versehen werden und in dem der Referenzkörper (16) durch entsprechende Verstellung der Stelleinrichtung mehrfach angetastet und die sich ergebenden Messwerte abgespeichert werden,

mit einem zweiten Schritt, in dem die Arbeitsspindel (12) mit einem Schleifwerkzeug (23) und die Werkstückaufnahme (17) mit einem Körper (22) versehen werden und in dem in einem Schleifversuch der Körper (22) aus unterschiedlichen Richtungen angeschliffen wird,

mit einem dritten Schritt, in dem aus den Unterschieden der Schliffbilder (24, 25, 26, 27), die in dem zweiten Schritt erzeugt worden sind, geschätzte Korrekturwerte für die im ersten Schritt abgespeicherten Messwerte bestimmt werden,

wobei, wenn die Korrekturwerte größer als ein tolerierbarer Wert sind, die Korrekturwerte an die Steuereinheit (7) gemeldet werden, um die gespeicherten Kalibrierwerte zu korrigieren, und zu dem zweiten Schritt zurückgekehrt wird, und wobei anderenfalls mit dem vierten Schritt fortgesetzt wird, mit einem vierten Schritt, in dem der Probekörper (16) mit dem Maschinentaster (14) angetastet und das Tastergebnis mit den in den Schritten Eins bis Drei bestimmten Messwerten abgeglichen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei dem Abgleich in dem vierten Schritt für die vorhandenen Maschinenkoordinaten (X, Y, Z, A) Korrekturwerte als Differenz zwischen den in den Schritten Eins bis Drei bestimmten Messwerten und den vierten Schritt ermittelten Messwert bestimmt und bei der nachfolgenden Teilebearbeitung der berücksichtigt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vierte Schritt von Zeit zu Zeit wiederholt wird, um den Abgleich der Messwerte zu aktualisieren.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Referenzkörper (18) eine Referenzscheibe verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Referenzaster (19) eine schaltender Taster verwendet wird.

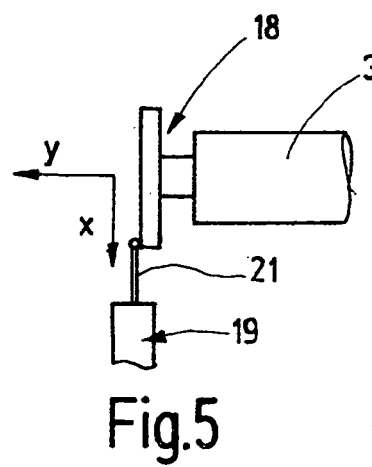
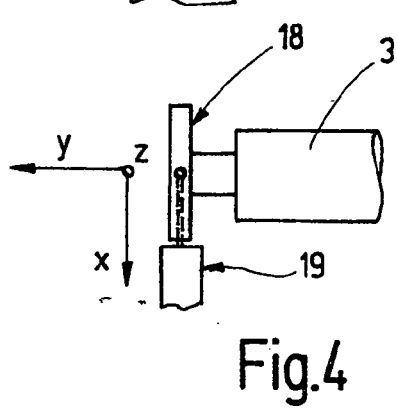
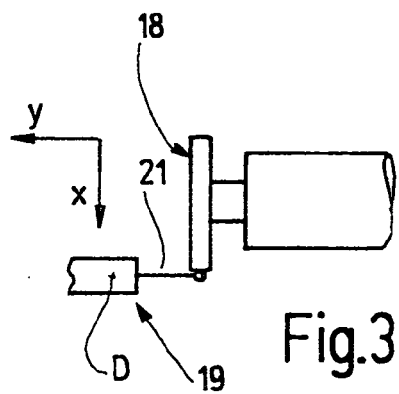
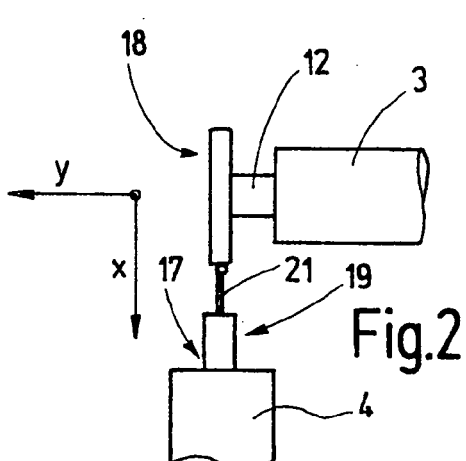
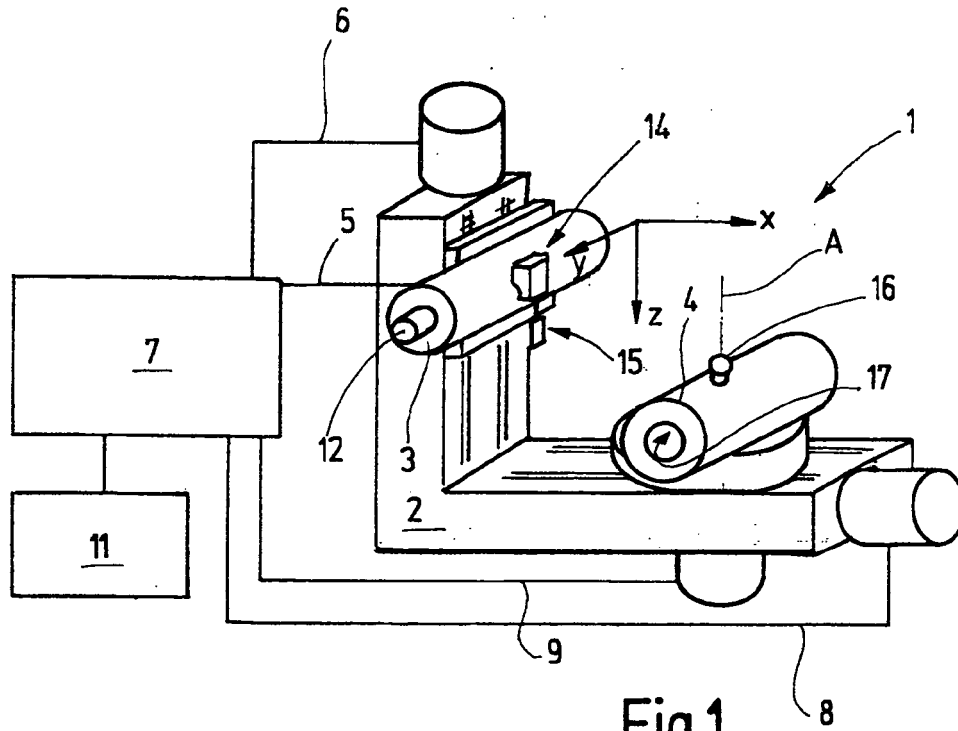
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Referenzkörper (19) aus allen Koordinatenrichtungen (X, Y, Z) jeweils einmal und aus einer ausgewählten Koordinatenrichtung (X) zweimal mit unterschiedlichen Tasterorientierungen angetastet wird.

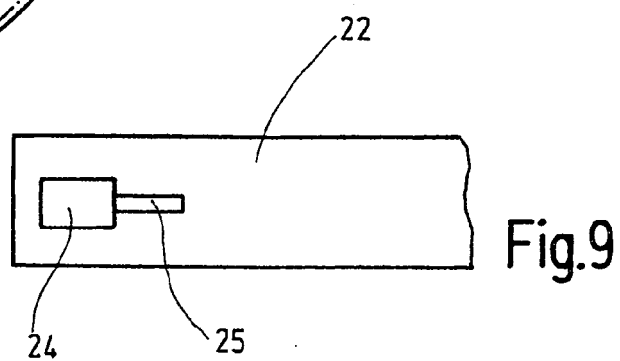
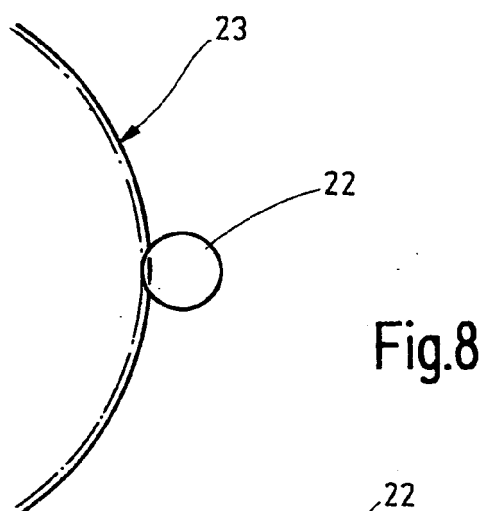
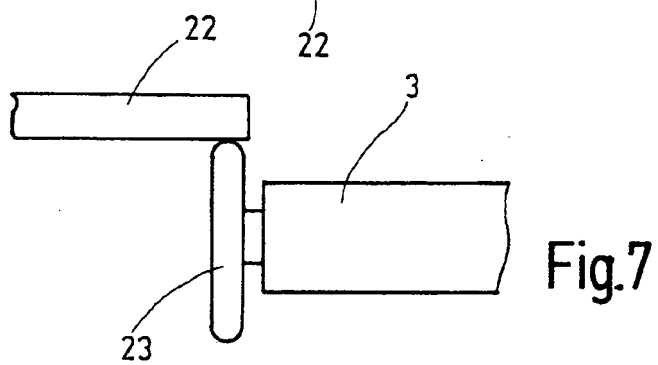
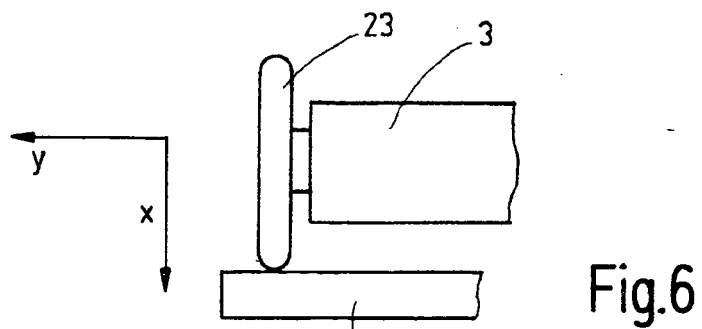
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Körper (22) in dem zweiten Schritt für die Überprüfung der Genauigkeit einer Koordinate jeweils aus entgegengesetzten Richtungen dieser Koordinate angeschliffen wird.

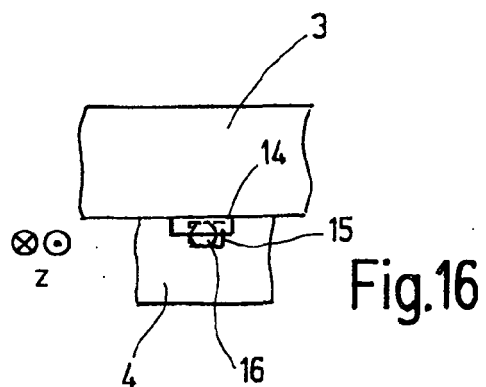
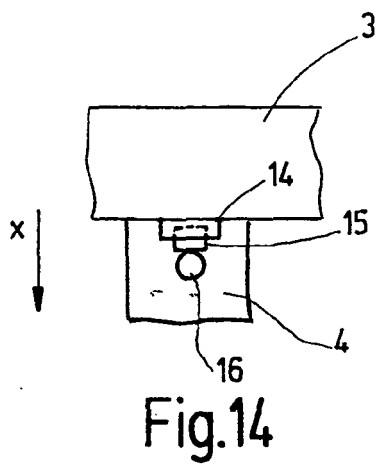
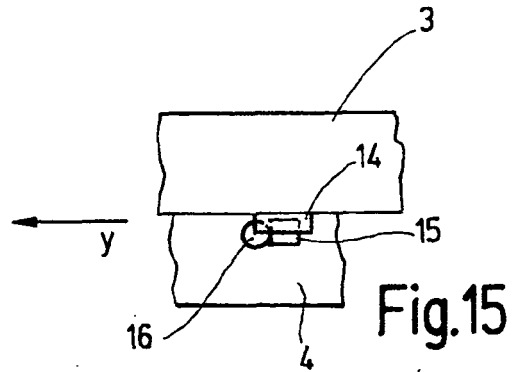
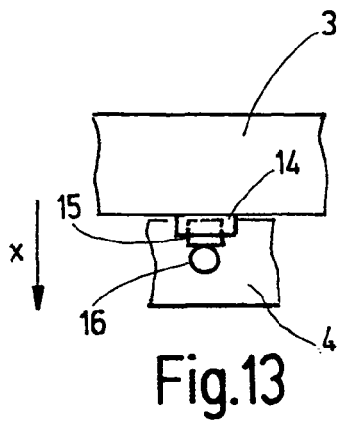
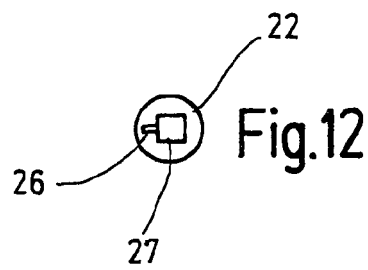
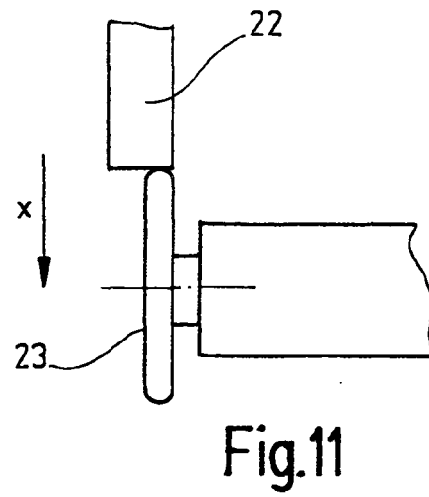
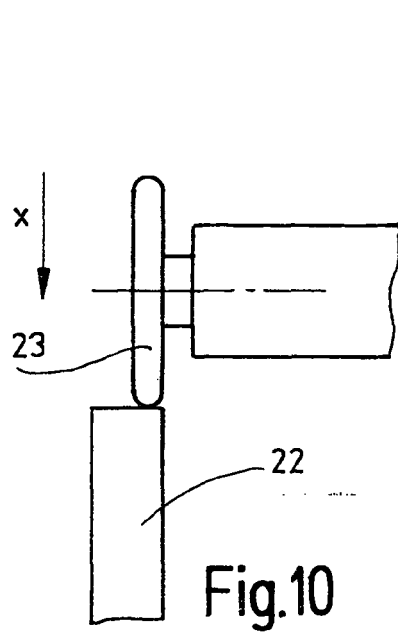
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Körper (22) an zwei einander benachbarten Stellen (24, 25, 26, 27) angeschliffen wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die in dem dritten Schritt zu schätzenden Korrekturwerte aus dem Größenunterschied der benachbarten Stellen (24, 25, 26, 27) bestimmt werden.

10. Maschine mit einer Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1.









Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 02 9783

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	WO 2004/069471 A (KLINGELNBERG AG; CAMPISI, GAETANO; KNADEN, MANFRED) 19. August 2004 (2004-08-19) * das ganze Dokument *	1	B24B47/22
A	US 4 928 437 A (Waelti et al) 29. Mai 1990 (1990-05-29) * das ganze Dokument *	1	
A	DE 43 01 486 C1 (Lamers, Norbert, Dipl.-Ing., 4130 Moers, DE) 24. März 1994 (1994-03-24)		
A	DE 40 30 185 A1 (Siemens AG, 8000 München, DE) 26. März 1992 (1992-03-26)		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			B24B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 24. Mai 2005	Prüfer Koller, S
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 02 9783

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

24-05-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2004069471 A	19-08-2004	DE 10304430 B3 WO 2004069471 A2	23-09-2004 19-08-2004
US 4928437 A	29-05-1990	CH 668211 A5 AT 54594 T WO 8703237 A1 DE 3672834 D1 EP 0252090 A1 JP 63501938 T US 4998383 A	15-12-1988 15-08-1990 04-06-1987 23-08-1990 13-01-1988 04-08-1988 12-03-1991
DE 4301486 C1	24-03-1994	KEINE	
DE 4030185 A1	26-03-1992	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82