

19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 694 870 A5

51 Int. Cl.⁷: G 01 B 005/008
G 01 B 005/12

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 00385/99

22 Anmeldungsdatum: 03.03.1999

30 Priorität: 03.03.1998 DE 198 08 825.6

24 Patent erteilt: 15.08.2005

45 Patentschrift
veröffentlicht: 15.08.2005

73 Inhaber:
Mahr OKM GmbH, Carl-Zeiss-Promenade 10
07745 Jena (DE)

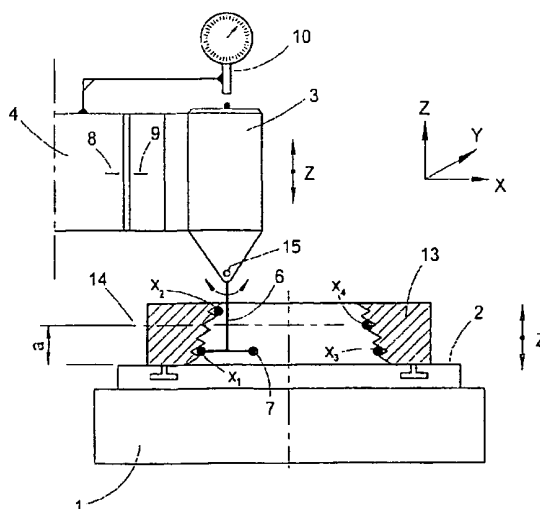
72 Erfinder:
Dr. Wilfried Tänzer, Johann-Friedrich-Strasse 33
07745 Jena (DE)

74 Vertreter:
Bovard AG, Patentanwälte, Optingenstrasse 16
3000 Bern 25 (CH)

54 Verfahren zum Vermessen von Kegelgewinden auf einem Koordinatenmessgerät.

57 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Vermessen von Kegelgewinden auf einem Koordinatenmessgerät, das mit einem in den Koordinaten X,Y,Z verstellbaren Tisch (1) zur Aufnahme eines mit dem Kegelgewinde versehenen Prüflings (13) ausgestattet ist und das weiterhin über einen Fühlhebeltaster (3) mit einem in der X-Koordinate auslenkbaren Tastelement (6) verfügt, der an einem Federbügel (4) in Z-Richtung positionsveränderlich gehalten und über diesen Federbügel (4) mit einer in X-Richtung verstellbaren Messspinole verbunden ist.

Dabei wird in einer der erfindungsgemässen Verfahrensvarianten im Anschluss an eine Kalibrierung zunächst der Federbügel (4) tariert, dann eine Bezugsebene definiert, der Prüfling (13) auf die Tischauflagefläche (2) aufgesetzt, ein Gewindegang durch Verschieben der Messspinole in X-Richtung angetastet, in dieser Position ein erstes Wertepaar x_1, z_1 abgelesen und gespeichert, weitere Wertepaare x_2, z_2 bis x_4, z_4 gewonnen und aus den geometrischen Beziehungen der Wertepaare x_1, z_1 bis x_4, z_4 die Flankendurchmesser des Kegelgewindes sowie der Kegelwinkelfehler ermittelt.



Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Vermessen von Kegelgewinden auf einem Koordinatenmessgerät, das mit einem in den Koordinaten X, Y, Z verstellbaren Tisch zur Aufnahme eines mit dem Kegelgewinde versehenen Prüflings ausgestattet ist und das weiterhin über einen Fühlhebeltaster verfügt, der an einem Federbügel in Z-Richtung positionierungsveränderlich gehalten und über diesen Federbügel mit einer in X-Richtung verstellbaren Messspinole verbunden ist und an dem ein in der X-Koordinate auslenkbares Tastelement angeordnet ist, wobei zunächst eine Kalibrierung des Fühlhebeltasters anhand eines Einstellnormales vorgenommen wird, danach zwecks Vermessung des Kegelgewindes das Tastelement nacheinander an verschiedene Gewindeflanken zur Anlage gebracht wird, die dabei ermittelten Messwerte in einer Auswerteeinheit gespeichert werden und anhand der gespeicherten Messwerte eine Berechnung der Kenn- und Bestimmungsgrößen des Kegelgewindes vorgenommen wird.

Die Erfindung ist insbesondere zur Ermittlung der Flankendurchmesser von Kegelgewinden, geeignet. Der Flankendurchmesser wird dabei in einer Prüfebene ermittelt, die von einer Stirnfläche des Prüflings einen bestimmten Abstand hat; damit wird u.a. der DIN 158 (metrisches kegeliges Aussengewinde) und der DIN 2999 (Withworth-Rohrgewinde) entsprochen.

In DIN 158 und DIN 2999 sind die Kennwerte und Bestimmungsgrößen für kegeliges Aussengewinde festgelegt und zugleich Anweisungen zur einfachen und unmittelbaren Funktionsprüfung dieser Gewinde gegeben. Es wird der Aufbau und die Handhabung von Lehren vorgeschlagen, durch welche die Bestimmungsgrößen eines Kegelgewindes geprüft werden können. Vorgesehen sind dabei kegelige Gewindelehrringe oder Gewindelehrdorne, mit denen lediglich eine Prüfung, nicht aber eine Vermessung des Gewindes möglich ist.

So kann beispielsweise die Bestimmung des Flankendurchmessers eines Kegelgewindes erfolgen, indem ein Lehdorn mit zylindrischem Gewinde in ein kegeliges Innengewinde eingeschraubt wird; aus der Einschraubtiefe muss dann auf die Grösse des Flankendurchmessers in einer entsprechenden Messebene geschlossen werden. Eine exakte Bestimmung des Flankendurchmessers ist damit nicht möglich.

Weiterhin ist es bekannt, zur Messung von Kegel-Aussengewinden die sogenannte Drei-Draht-Methode anzuwenden. Diese ist beispielsweise beschrieben bei Langsdorf «Messen von Gewinden», Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1974, Seiten 69 bis 74 und bei Zill «Messen und Lehren im Maschinen- und Feingerätebau», Deupner Verlagsgesellschaft Leipzig 1956, Seiten 183 und 184.

Dieses Messverfahren ist nachteiligerweise recht zeitaufwendig, da zusätzlich zum Gewindermessdrahtsatz auch durchmessergleiche Gewindemesskugeln und zugehörige Zentrierhülsen erforderlich sind, die auf die Gegenpinole aufgesteckt werden müssen.

Aus der DE PS 4 410 195.3 sind ein Verfahren und eine Anordnung zum Vermessen kegeliger Gewinde auf einem Koordinatenmessgerät bekannt. Da-

bei wird nach der Kalibrierung eines Messtasters mit Hilfe eines Kalibrierrings der Prüfling auf dem Koordinatentisch aufgespannt. Der Tisch ist neigbar und wird zunächst so eingestellt, dass eine erste Flankendurchmesserlinie des Kegelgewindes parallel zur Z-Koordinate ausgerichtet ist. In dieser Position erfolgt eine mehrfache Antastung des Gewindes in unterschiedlichen Z-Koordinaten. Danach wird die Neigung des Tisches so geändert, dass eine zweite Flankendurchmesserlinie, die der ersten diametral gegenüberliegt, parallel zur Z-Koordinate ausgerichtet ist. Auch hier werden die Gewindegänge mehrfach in unterschiedlichen Z-Positionen angetastet. Für jede Antastung werden Messwerte ermittelt und in einer Auswerteeinrichtung gespeichert. Aus bekannten geometrischen Beziehungen werden aus den gespeicherten Messwerten die Kenn- und Bestimmungsgrößen des Kegelgewindes ermittelt. Ein Nachteil besteht dabei darin, dass der Tisch neigbar sein muss, was dessen Lagerung um eine zusätzliche Gelenkachse erfordert und insofern die Gefahr der Ungenauigkeit aufgrund von Fertigungstoleranzen in sich birgt.

Ein Verfahren und eine Einrichtung zum Messen kegeliger Aussengewinde sind aus der DE Patentschrift 19 522 276 C1 bekannt. Hier ist zur Ausführung des Verfahrens ein Einkoordinatenmessgerät vorgesehen, bei dem der Prüfling mit dem zu vermessenden Gewinde auf einem in drei Koordinatenachsen verstellbaren Schlitten aufgenommen und durch einen an der Messspinole des Einkoordinatenmessgerätes angeordneten Fühlhebeltaster angetastet wird. Nachteiligerweise sind das beschriebene Verfahren und die Einrichtung nicht zur Innengewindemessung geeignet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die bekannten Verfahren zum Vermessen von Kegelgewinden auf einem Koordinatenmessgerät so weiterzubilden, dass Bestimmungsgrößen von Kegelaussen- und Kegelinnengewinde definitionsgemäss und effektiv ermittelt werden können.

Diese Aufgabe wird für die Vermessung von Kegelgewinden nach einem Verfahren der vorbeschriebenen Art dadurch gelöst, dass im Anschluss an die Kalibrierung in einem ersten Schritt zunächst der Federbügel so tarisiert wird, dass zwei der Z-Koordinate zugeordnete Koinzidenzmarken, von denen eine mit dem Federbügel in der Z-Koordinate beweglich und die andere gestellfest angeordnet ist, in Z-Richtung zueinander versetzt sind, d.h. nach der Trierung soll der Abstand zwischen der beweglichen Koinzidenzmarke und der Tischauflagefläche kleiner sein als der Abstand zwischen der gestellfesten Koinzidenzmarke und der Tischauflagefläche.

In einem zweiten Schritt wird dann eine Bezugsebene definiert. Dazu wird eine Verstellung des Tisches in Z-Richtung soweit vorgenommen, bis die Tischauflagefläche mit dem Tastelement in Kontakt kommt und nun der Tisch unter Mitnahme des Tastelementes bzw. des Federbügels weiter in Z-Richtung zugestellt, bis die beiden Koinzidenzmarken in Koinzidenz stehen, der dabei erreichte Z-Wert der Tischposition wird als Bezugswert z_A gespeichert oder es wird die erreichte Z-Position gleich 0 gesetzt, so dass diese Tischposition leicht wieder eingestellt

werden kann. Die Tischauflagefläche stellt somit die Bezugsebene für die Messung dar, sobald die Tischposition den Bezugswert z_A erreicht.

In einem nun folgenden dritten Schritt wird der Tisch soweit vom Tastelement zurückgefahren, dass ein ausreichender Abstand zwischen Tischauflagefläche und Tastelement zum Aufsetzen des Prüfling auf die Tischauflagefläche gegeben ist. Nach dem Aufsetzen des Prüflings wird mit dem Tastelement ein Gewindegang durch Verschieben der Messspinole in X-Richtung angetastet und durch Tischverschiebung in Y-Richtung das Tastelement auf den Umkehrpunkt am Prüflingsumfang eingestellt. Danach wird der Tisch in Z-Richtung verstellt, bis die Koinzidenzmarken am Federbügel in Koinzidenz gebracht sind.

Hiernach wird in einem vierten Schritt die Messspinole weiter in X-Richtung verschoben, bis das Tastelement seine 0-Position erreicht hat; in dieser Position wird ein erstes Wertepaar x_1, z_1 abgelesen und gespeichert; dabei bedeuten x_1 den Anzeigewert an der Messspinole (in X-Richtung) und z_1 die Tischposition in der Z-Koordinate.

In einem fünften Schritt wird nunmehr ein weiterer Gewindegang auf der gleichen Durchmesserseite des Kegelgewindes angetastet und in analoger Weise ein zweites Wertepaar x_2, z_2 abgelesen und gespeichert.

Anschliessend werden von der diametral gegenüberliegenden Durchmesserseite in einem sechsten Schritt weitere Wertepaare x_3, z_3 und x_4, z_4 gewonnen. Im abschliessenden siebenten Schritt werden mit Hilfe der Auswerteeinheit unter Zugrundelegung der geometrischen Beziehungen der Wertepaare x_1, z_1 bis x_4, z_4 der Flankendurchmesser des Kegelgewindes und bei Bedarf auch der Kegelwinkelfehler ermittelt.

Damit ist es in einfacher Weise und mit hoher Genauigkeit möglich, Messwerte zu ermitteln und daraus in einer Recheneinheit die Kenn- und Bestimmungsgrössen des Kegelgewindes zu berechnen.

Zur Gewährleistung einer hohen Genauigkeit sollten die Wertepaare x_1, z_1 bis x_4, z_4 jeweils von Anstastungen nahe der für das Kegelgewinde definierten Messebene abgenommen werden.

Im Rahmen der Erfindung liegt ein Verfahren zum Vermessen von Kegelgewinden der vorgenannten Art, jedoch mit einem zusätzlich um die Koordinate Z drehbaren Tisch. Dabei wird im Anschluss an die Kalibrierung in einem ersten Schritt wiederum zunächst der Federbügel so tariert, dass die beiden Koinzidenzmarken in Z-Richtung zueinander versetzt sind, so dass auch hier der Abstand zwischen der beweglichen Koinzidenzmarke und der Tischauflagefläche kleiner ist als der Abstand zwischen der gestellfesten Koinzidenzmarke und der Tischauflagefläche.

In einem zweiten Schritt wird die für das Kegelgewinde definierte Messebene mit einem Abstand a von der Tischauflagefläche eingestellt. Dazu wird der Tisch unter Mitnahme des Fühlhebeltasters soweit in Z-Richtung verschoben, bis die beiden Koinzidenzmarken des Federbügels sich gegenüberstehen und anschliessend aus dieser Position der Tisch um den Weg $\Delta z = a$ in Z-Richtung zurückgefahren; die nun erreichte Z-Position des Tisches wird abgelesen und als Bezugswert z_B gespeichert. Alternativ zur Spei-

cherung der Z-Position kann auch ein Anschlag eingestellt werden, mit dessen Hilfe das Wiederauffinden der Tischposition beim Bezugswert z_B leicht möglich ist.

5 In einem dritten Schritt wird nun der Prüfling zentrisch zur Drehachse des Tisches auf der Tischauf-
lagefläche befestigt, der Bezugswert z_B wieder ein-
gestellt bzw. der Tisch in die durch Anschlag markierte
10 Position gefahren und durch Verschieben der Mess-
pinole in X-Richtung mit dem Tastelement ein erster
Gewindegang angetastet.

Hiernach erfolgt in einem vierten Schritt eine itera-
15 tiv Änderung der Relativlage von Prüfling und Tast-
element durch Drehen des Tisches um die Z-Koordi-
nate, durch Nachstellen der Messspinole in X-Rich-
tung und durch Verschieben des Tisches mit dem
Prüfling in Y-Richtung solange, bis sich erstens die
20 Koinzidenzmarken wieder gegenüberstehen, zwei-
tens eine Y-Position erreicht ist, bei der das Tastele-
ment auf den Umkehrpunkt des Prüflingsumfanges
eingestellt ist, und drittens das Tastelement seine
0-Position erreicht hat. Nun wird der Anzeigewert der
Messspinole abgelesen und als Messwert x_1 dem ers-
ten Gewindegang zugeordnet gespeichert.

25 In einem fünften Schritt wird die Messspinole in
X-Richtung soweit verstellt und die Z-Position um
 $+P/2$ und $-P/2$ mit (P der Steigung des Kegelgewin-
des) geändert, bis ein zweiter und dritter diametral
gegenüberliegender Gewindegang angetastet sind.
30 Wenn dabei die Koinzidenzmarken sich gegenüber-
stehen, eine Y-Position erreicht ist, in der das Tast-
element auf den Umkehrpunkt des Prüflingsumfan-
ges eingestellt ist und das Tastelement seine 0-Posi-
tion erreicht hat, werden jeweils die Anzeigewerte
35 von der Messspinole abgelesen und als den angetas-
teten Gewindegängen zugeordnete Messwerte x_2
und x_3 gespeichert.

In einem weiteren Schritt schliesslich wird aus den
40 Beziehungen $|x_1 - x_2| = D_{21}$ und $|x_2 - x_3| = D_{22}$ der
entsprechende Flankendurchmesser mit $D = D_{21}/2 +$
 $D_{22}/2$ ermittelt, wobei noch die Tasterkonstante so-
wie die Anlageverhältnisse des Tastelementes im
Gewinde auf herkömmliche Weise berücksichtigt
werden müssen.

45 Die Mitnahme des Fühlhebeltasters mit der Tisch-
verstellung bei der Einstellung der für das Kegelge-
winde definierten Messebene beim zweiten Verfah-
rensschritt kann beispielsweise unter Verwendung
eines Endmasses erfolgen. Dabei weist das End-
50 mass zwischen seinen beiden Messflächen die Höhe
 $E = a - d_K/2$, mit a dem Abstand der Messebene von
der Tischauflagefläche und d_K dem Durchmesser der
Kugel am Tastelement. Das Endmass wird mit einer
seiner Messflächen auf die Tischauflagefläche aufge-
55 legt, während die zweite Messfläche dem Tastele-
ment zugewandt ist; jetzt wird der Tisch bis zur An-
lage der zweiten Messfläche am Tastelement und
dann weiter unter Mitnahme des Tastelementes bzw.
des Fühlhebeltasters in Z-Richtung verfahren, bis die
60 beiden Koinzidenzmarken des Federbügels sich ge-
genüberstehen.

Alternativ zur Verwendung eines Endmasses kann
die Einstellung der für das Kegelgewinde definierten
Messebene auch erfolgen, indem der Tisch soweit in
65 Z-Richtung zugestellt wird, bis die Tischauflagefläche

das Tastelement erreicht hat und dann der Tisch unter Mitnahme des Tastelementes weiter zugestellt wird, bis die beiden Koinzidenzmarken des Federbügels sich gegenüberstehen; dann wird der Tisch aus dieser Position um den Weg $\Delta z_1 = a - d_K/2$ wieder in die entgegengesetzte Richtung zurückgefahren. Die Tischauflagefläche befindet sich somit in der dem Bezugswert z_B entsprechenden Position.

Die Erfindung ist sowohl zur Vermessung von Kegeln wie auch von Kegelaussengewinden geeignet. Soll beispielsweise Kegelninnengewinde vermessen werden, ist es vorteilhaft, als Einstellnormal zum Zweck der Kalibrierung des Fühlhebeltasters vor der Vermessung einen Kalibrierring zu benutzen. Dieser wird anstelle des Prüflings auf der Tischauflagefläche angeordnet und an mehreren, sich diametral gegenüberliegenden Positionen seines Umfangs mit dem Fühlhebeltaster angetastet, wobei durch Tischverschiebung in Y-Richtung das Tastelement auf den Umkehrpunkt am Umfang des Kalibrierrings eingestellt und aus den ermittelten Messdaten eine Tasterkonstante errechnet und gespeichert wird.

Gegenstand der Erfindung ist weiterhin eine Anordnung zur Durchführung der vorgenannten Verfahrensschritte, die mit einem entlang der Koordinatenachsen X, Y, Z verschiebbaren Tisch ausgestattet ist, auf dessen Auflagefläche der mit dem Kegelninnengewinde versehene Prüfling angeordnet ist.

Dabei ist am Koordinatenmessgerät ein Fühlhebeltaster vorgesehen, der an einem Federbügel in Z-Richtung positionsveränderlich gehalten ist. Er steht über diesen Federbügel mit einer in X-Richtung verstellbaren Messspinole in Verbindung und verfügt über ein in X-Richtung auslenkbares Tastelement, das während der Messung nacheinander an verschiedene Gewindeflanken des Kegelninnengewindes zur Anlage gebracht werden kann.

Der Fühlhebeltaster ist über einen Signalweg mit einer Auswerteeinrichtung verbunden, über den Informationen über die Auslenkung des Tastelementes zur Auswerteeinrichtung gelangen. Das Tastelement ist ausgehend von einer 0-Position nach beiden Richtungen in der X-Koordinate auslenkbar.

Weiterhin sind Mittel zur Kontrolle der Positionsveränderung des Fühlhebeltasters bzw. des Tastelementes bei dessen Bewegung in Z-Richtung vorgesehen, beispielsweise Koinzidenzmarken, von denen eine mit dem Federbügel in der Z-Koordinate beweglich und die andere gestellfest angeordnet ist. Zur Erhöhung der Reproduzierbarkeit und/oder Kontrolle der Koinzidenz können ein Feinzeiger oder ein Nullindikator vorhanden und über Signalwege mit der Auswerteeinrichtung verbunden sein.

Zur Erfassung der X-Positionswerte der Messspinole und zur Einstellung und Kontrolle von Z-Positionswerten des Tisches sind Messwertaufnehmer vorgesehen, deren Signalausgänge ebenfalls mit der Auswerteeinrichtung verbunden sind.

Alternativ zu einer Messanordnung für die Z-Positionswerte des Tisches kann ein Anschlagssystem mit guter Reproduzierbarkeit vorgesehen sein, mit dessen Hilfe der Tisch stets schnell wieder in funktionswichtige Positionen gefahren werden kann, beispielsweise dann, wenn die Tischauflagefläche den Bezugswert z_B einnehmen soll.

Die Erfindung soll nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels zur Messung eines Kegelninnengewindes näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen

5

Fig. 1 die Anordnung eines Prüflings mit Kegelninnengewinde auf dem Koordinatentisch

Fig. 2 eine Anordnung zu einer Ausgestaltungsvariante des erfindungsgemässen Verfahrens.

10

In Fig. 1 ist der zu einem Koordinatenmessgerät gehörende Tisch 1 mit einer Tischauflagefläche 2 dargestellt. Der Tisch 1 ist in den Koordinaten X, Y, Z verschiebbar. Dabei sind die Zustellwege und positionen des Tisches 1 bzw. der Tischauflagefläche 2 in Z-Richtung anhand einer Messanordnung, wie sie bei Koordinatentischen üblich ist, ermittelbar und reproduzierbar. Die Messanordnung verfügt über einen Messwertaufnehmer (nicht dargestellt), dessen Ausgang mit einer Auswerteeinrichtung (ebenfalls nicht dargestellt) verbunden ist.

20

Über dem Tisch 1 ist ein Fühlhebeltaster 3 angeordnet, der an einem Federbügel 4 in Z-Richtung positionsveränderlich gehalten ist. Über den Federbügel 4 ist der Fühlhebeltaster 3 mit einer in X-Richtung verstellbaren Messspinole 5 verbunden. Die Messspinole 5 ist mit einem Messwertaufnehmer (nicht dargestellt) für Positionswerte in X-Richtung gekoppelt, der über einen Signalweg mit der Auswerteeinrichtung in Verbindung steht.

25

Der Fühlhebeltaster 3 besitzt ein Tastelement 6, das ausgehend von einer 0-Position nach beiden Richtungen der X-Koordinate um eine Schwenkachse 15 auslenkbar ist. Das Tastelement 6 ist mit Tastkugeln 7 ausgestattet. Auch der Fühlhebeltaster 3 ist über einen Signalweg mit der Auswerteeinrichtung verbunden; über diesen Signalweg gelangen Informationen über das Mass der Auslenkung des Tastelementes 6 zur Auswerteeinrichtung.

30

Am Federbügel 4 sind zwei Koinzidenzmarken 8 und 9 angeordnet. Davon ist die Koinzidenzmarke 8 gestellfest, während die Koinzidenzmarke 9 mit dem Federbügel 4 in der Z-Koordinate beweglich ist. Zur exakten Kontrolle von Positionsveränderungen des Fühlhebeltasters 3 relativ zum Gestell des Koordinatenmessgerätes in Z-Richtung ist über dem Fühlhebeltaster 3 ein Feinzeiger 10 positioniert, dessen Messrichtung in der Z-Koordinate ausgerichtet ist. Auch der Feinzeiger 10 ist über einen Signalweg mit der Auswerteeinrichtung verbunden.

35

40

45

50

Die Auswerteeinheit umfasst einen Messwertspeicher, eine Rechenschaltung zur Verarbeitung der Messwerte bzw. zur Berechnung von Kenn- und Bestimmungsgrößen von Kegelninnengewinden und auch eine Anzeigeeinrichtung für die ermittelten Ergebnisse. Die Auswerteeinheit kann aus einer kommerziell für die Erfassung und Auswertung von Messgrößen vorgesehenen Einrichtung bestehen, deren Signaleingänge mit den entsprechenden Signalausgängen des Fühlhebeltasters 3, des Feinzeigers 10, des Messwertaufnehmers an der Messspinole 5 und der Messanordnung für die Z-Positionen des Tisches 1 verknüpft sind. Es können Messwertaufnehmer unterschiedlichster Ausführungen vorgesehen sein.

55

60

65

Vor Beginn des erfindungsgemässen Messverfahrens

rens wird eine Kalibrierung des Fühlhebeltasters 3 anhand eines Einstellnormales vorgenommen. Soll beispielsweise ein Kegellinnengewinde vermessen werden, so kann als Einstellnormal ein Kalibrierring genutzt werden. Der Kalibrierring wird zunächst anstelle des Prüflings 13 auf der Tischauflagefläche 2 angeordnet und an mehreren, sich diametral gegenüberliegenden Positionen seines Umfanges mit dem Fühlhebeltaster 3 angetastet. Dabei wird durch Tischverschiebung in Y-Richtung das Tastelement 6 auf den Umkehrpunkt am Umfang des Kalibrierrings eingestellt. Aus den ermittelten Messdatei wird eine Tasterkonstante errechnet und zur späteren Verwendung gespeichert.

Im Anschluss an die Kalibrierung wird zur weiteren Vorbereitung des erfindungsgemässen Verfahrens zunächst der Federbügel 4 so tarziert, dass der Abstand der beweglichen Koinzidenzmarke 9 zur Tischauflagefläche 2 kleiner ist als der Abstand der gestellfesten Koinzidenzmarke 8 zur Tischauflagefläche 2.

Nun wird eine Bezugsebene definiert, indem eine Verstellung des Tisches 1 in Z-Richtung soweit erfolgt, bis die Tischauflagefläche 2 mit dem Tastelement 6 in Kontakt kommt und der Tisch 1 dann unter Mitnahme des Tastelementes 6 weiter in Z-Richtung zugestellt wird, bis die beiden Koinzidenzmarken 8, 9 in Koinzidenz stehen. Der dann erreichte Z-Wert der Tischposition wird als Bezugswert z_A gespeichert oder die erreichte Z-Position wird gleich 0 gesetzt.

Nunmehr wird ein Prüfling 13 mit dem zu vermessenden Kegellinnengewinde auf der Tischauflagefläche 2 positioniert. Durch Verschieben der Messspinole 5 in X-Richtung wird ein erster Gewindegang angetastet, um zunächst ein Wertepaar x_1, z_1 zu ermitteln.

Dazu wird iterativ die Tastkugel 7 im ausgewählten Gewindegang zur Anlage gebracht, durch Tischverschiebung in Y-Richtung das Tastelement 6 bzw. die Tastkugel 7 auf den Umkehrpunkt am Prüflingsumfang eingestellt und ausserdem durch Z-Verstellung des Tisches 1 dafür gesorgt, dass die Koinzidenzmarken 8 und 9 am Federbügel 4 in Koinzidenz stehen. Nunmehr wird die Messspinole 5 weiter in X-Richtung verschoben, bis das Tastelement 6 seine 0-Position erreicht hat. In dieser Konstellation werden an der mit der Messspinole 5 verbundenen Messanordnung der zugehörige Wert x_1 und an der Messanordnung für die Tischverschiebung in Z-Richtung der zugehörige Wert z_1 abgelesen und als Wertepaar x_1, z_1 gespeichert.

In analoger Weise wird auf der gleichen Durchmesserseite des Kegellinnengewindes ein zweiter Gewindegang angetastet und für diesen Gewindegang das Wertepaar x_2, z_2 abgelesen und gespeichert.

Danach werden von der diametral gegenüberliegenden Durchmesserseite zwei weitere Wertepaare x_3, z_3 und x_4, z_4 gewonnen. Aus den ermittelten insgesamt vier Wertepaaren x_1, z_1 bis x_4, z_4 wird unter Zugrundelegung der bekannten geometrischen Beziehungen der Flankendurchmesser D_2 des Kegellinnengewindes sowie bei Bedarf der Kegelwinkelfehler ermittelt. Um ein korrektes Messergebnis zu erzielen, werden bei der Ermittlung dieser Kenn- und Bestim-

mungsgrössen des Kegellinnengewindes in üblicher Weise die Tasterkonstante sowie die Anlageverhältnisse der Tastkugel 7 im Gewindegang berücksichtigt.

In Fig. 2 ist beispielhaft eine Anordnung dargestellt, die zur Messung von Kegellinnengewinden entsprechend einer Variante des erfindungsgemässen Verfahrens geeignet ist. Hierbei findet die Messung auf einem Koordinatentisch statt, der in den Koordinaten X, Y, Z verstellbar und zusätzlich um eine in der Z-Koordinate liegende Drehachse 16 um einen Winkel ϕ_z drehbar ist.

Zur Einstellung einer Bezugsebene für diese Verfahrensvariante wird beispielsweise ein Endmass 11 auf der Tischauflagefläche 2 positioniert. Das Endmass 11 hat zwischen seinen beiden Messflächen die Höhe $E=a-d_K/2$. Darin ist a der Abstand der einzustellenden Messebene von der Tischauflagefläche 2 und d_K der Durchmesser einer Tastkugel 7 am Tastelement 6. Das Endmass 11 wird mit seiner ersten Messfläche auf die Tischauflagefläche 2 aufgelegt und ist mit seiner zweiten Messfläche 12 dem Tastelement 6 zugewandt.

Nun wird der Tisch 1 in Z-Richtung zum Fühlhebeltaster 3 bzw. zum Tastelement 6 hin verfahren, bis die zweite Messfläche 12 des Endmasses 11 mit einer oder, je nach Ausbildung des Tastelementes 6, mit beiden Tastkugeln 7 in Kontakt kommt. Die Verschiebung des Tisches 1 erfolgt dann weiter unter Mitnahme des Tastelementes 6 bzw. des Fühlhebeltasters 3, bis sich die beiden Koinzidenzmarken 8 und 9 am Federbügel 4 gegenüberstehen. Der dabei erreichte Z-Wert der Tischposition wird als Bezugswert z_B gespeichert; so befindet sich Tischaufnahme- fläche 2 später stets wieder in der Bezugsebene, wenn die Position des Tisches 1 auf den Bezugswert z_B eingestellt wird.

Nunmehr wird der Tisch 1 entgegengesetzt zur bisherigen Zustellrichtung zurückgefahren, das Endmass 11 von der Tischauflagefläche 2 entnommen und an dessen Stelle ein Prüfling angeordnet. Im weiteren werden, wie in der Erfindungsbeschreibung anhand der Verfahrensschritte ausführlich dargelegt, Messwerte x_1 bis x_3 gewonnen und gespeichert und aus den Beziehungen $|x_1-x_2|=D_{21}$ und $|x_1-x_3|=D_{22}$ der Flankendurchmesser mit $D_2=D_{21}/2+D_{22}/2$ ermittelt, wobei die Tasterkonstante sowie die Anlageverhältnisse des Tastelementes Gewindegang zu berücksichtigen sind.

50 Patentansprüche

1. Verfahren zum Vermessen von Kegellinnengewinden auf einem Koordinatenmessgerät, das mit einem in den Koordinaten X, Y, Z verstellbaren Tisch (1) zur Aufnahme eines mit dem Kegellinnengewinde versehenen Prüflings (13) ausgestattet ist und das weiterhin über einen Fühlhebeltaster (3) verfügt, der an einem Federbügel (4) in Z-Richtung positionsveränderlich gehalten und über diesen Federbügel (4) mit einer in X-Richtung verstellbaren Messspinole (5) verbunden ist und an dem ein in der X-Koordinate auslenkbares Tastelement (6) angeordnet ist, wobei zunächst eine Kalibrierung des Fühlhebeltasters (3) anhand eines Einstellnormales vorgenommen, danach zwecks Vermessung des Kegellinnengewindes das Tastelement (6)

nacheinander an verschiedene Gewindeflanken zur Anlage gebracht wird, die dabei ermittelten Messwerte in einer Auswerteeinheit gespeichert werden und anhand der gespeicherten Messwerte eine Berechnung der Kenn- und Bestimmungsgrößen des Kegelgewindes vorgenommen wird, dadurch gekennzeichnet,

– dass im Anschluss an die Kalibrierung in einem ersten Schritt der Federbügel (4) so tarisiert wird, dass zwei der Z-Koordinate zugeordnete Koinzidenzmarken (8, 9), von denen eine mit dem Federbügel (4) in der Z-Koordinate beweglich und die andere gestellfest angeordnet ist, in Z-Richtung zueinander versetzt sind, wobei der Abstand zwischen der beweglichen Koinzidenzmarke (9) und der Tischauflagefläche (2) kleiner ist als der Abstand zwischen der gestellfesten Koinzidenzmarke (8) und der Tischauflagefläche (2),

– dass in einem zweiten Schritt eine Bezugsebene definiert wird, indem eine Verstellung des Tisches (1) in Z-Richtung soweit erfolgt, bis die Tischauflagefläche (2) mit dem Tastelement (6) in Kontakt kommt, der Tisch (1) dann unter Mitnahme des Tastelementes (6) weiter in Z-Richtung zugestellt wird, bis die beiden Koinzidenzmarken (8, 9) in Koinzidenz stehen, dann der erreichte Z-Wert der Tischposition als Bezugswert z_A gespeichert oder die erreichte Z-Position gleich 0 gesetzt wird,

– in einem dritten Schritt der Prüfling (13) auf der Tischauflagefläche (2) angeordnet wird, die Antastung eines Gewindeganges durch Verschiebung der Messspinole (5) in X-Richtung vorgenommen wird, durch Tischverschiebung in Y-Richtung das Tastelement (6) auf den Umkehrpunkt am Prüflingsumfang eingestellt wird und danach durch Z-Verstellung des Tisches (1) die Koinzidenzmarken (8, 9) am Federbügel (4) in Koinzidenz gebracht werden,

– in einem vierten Schritt die Messspinole (5) weiter in X-Richtung verschoben wird, bis das Tastelement (6) seine 0-Position erreicht hat und in dieser Position ein erstes Wertepaar x_1, z_1 abgelesen und gespeichert wird, mit x_1 dem Anzeigewert an der Messspinole (5) und z_1 der Tischposition in der Z-Koordinate,

– in einem fünften Schritt ein weiterer Gewindegang auf der gleichen Durchmesserseite des Kegelgewindes angetastet und in analoger Weise ein zweites Wertepaar x_2, z_2 abgelesen und gespeichert wird,

– in einem sechsten Schritt von der diametral gegenüber liegenden Durchmesserseite weitere Wertepaare x_3, z_3 und x_4, z_4 gewonnen werden und

– schliesslich in einem siebenten Schritt mit Hilfe der Auswerteeinheit aus den geometrischen Beziehungen der Wertepaare x_1, z_1 bis x_4, z_4 die Flankendurchmesser des Kegelgewindes sowie der Kegelwinkelfehler ermittelt werden, wobei die Tasterkonstante sowie die Anlageverhältnisse des Tastelementes (6) im Gewindegang zu berücksichtigen sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wertepaare x_1, z_1 bis x_4, z_4 jeweils von Antastungen nahe der für das Kegelgewinde definierten Messebene (14) abgenommen werden.

3. Verfahren zum Vermessen von Kegelgewinden auf einem Koordinatenmessgerät, das mit einem in

den Koordinaten X, Y, Z verstellbaren Tisch (1), welcher um die Koordinate Z drehbar gelagert ist, zur Aufnahme eines mit dem Kegelgewinde versehenen Prüflings (13) ausgestattet ist und das weiterhin über einen Fühlhebeltaster (3) verfügt, der an einem Federbügel (4) in Z-Richtung positionsveränderlich gehalten und über diesen Federbügel (4) mit einer in X-Richtung verstellbaren Messspinole (5) verbunden ist und an dem ein in der X-Koordinate auslenkbares Tastelement (6) angeordnet ist, wobei zunächst eine Kalibrierung des Fühlhebeltasters (3) anhand eines Einstellnormales vorgenommen, danach zwecks Vermessung des Kegelgewindes das Tastelement (6) nacheinander an verschiedene Gewindeflanken zur Anlage gebracht wird, die dabei ermittelten Messwerte in einer Auswerteeinheit gespeichert werden und anhand der gespeicherten Messwerte eine Berechnung der Kenn- und Bestimmungsgrößen des Kegelgewindes vorgenommen wird, dadurch gekennzeichnet, dass im Anschluss an die Kalibrierung in einem ersten Schritt der Federbügel (4) so tarisiert wird, dass zwei der Z-Koordinate zugeordnete Koinzidenzmarken (8, 9), von denen eine mit dem Federbügel (4) in der Z-Koordinate beweglich und die andere gestellfest angeordnet ist, in Z-Richtung zueinander versetzt sind, wobei der Abstand zwischen der beweglichen Koinzidenzmarke (9) und der Tischauflagefläche (2) kleiner ist als der Abstand zwischen der gestellfesten Koinzidenzmarke (8) und der Tischauflagefläche (2),

– dass in einem zweiten Schritt die für das Kegelgewinde definierte Messebene (14) mit einem Abstand a von der Tischauflagefläche (2) eingestellt wird, indem der Tisch (1) unter Mitnahme des Fühlhebeltasters (3) soweit in Z-Richtung verfahren wird, bis die beiden Koinzidenzmarken (8, 9) des Federbügels (3) sich gegenüberstehen und anschliessend aus dieser Position der Tisch um den Weg $\Delta z = a$ in Z-Richtung zurückgefahren wird, wonach die Z-Position des Tisches (1) abgelesen und als Bezugswert z_B gespeichert oder für diese Position ein Anschlag eingestellt wird,

– dass in einem dritten Schritt der Prüfling (13) zentrisch zur Drehachse des Tisches (1) auf der Tischauflagefläche (2) befestigt, der Bezugswert z_B wieder eingestellt wird und durch Verschieben der Messspinole (5) in X-Richtung mit dem Tastelement (6) ein erster Gewindegang angetastet wird,

– dass in einem vierten Schritt durch Drehen des Tisches (1) um die Z-Koordinate, durch Nachstellen der Messspinole (5) in X-Richtung und durch Verschieben des Tisches (1) mit dem Prüfling (13) in Y-Richtung die Relativlage von Prüfling (13) und Tastelement (6) iterativ solange geändert wird, bis sich erstens die Koinzidenzmarken (8, 9) wieder gegenüberstehen, eine Y-Position erreicht ist, bei der das Tastelement (6) auf den Umkehrpunkt des Prüflingsumfanges eingestellt ist und das Tastelement (6) seine 0-Position erreicht hat, wonach der Anzeigewert der Messspinole (5) abgelesen und als Messwert x_1 dem ersten Gewindegang zugeordnet gespeichert wird,

– dass in einem fünften Schritt die Messspinole (5) in X-Richtung soweit verstellt und die Z-Position um $+P/2$ und/oder $-P/2$ mit P der Steigung des Kegelge-

windes geändert wird, bis ein zweiter und dritter diametral gegenüberliegender Gewindegang angetastet sind, sich die Koinzidenzmarken (8, 9) wieder gegenüberstehen, eine Y-Position erreicht ist, in der das Tastelement (6) auf den Umkehrpunkt des Prüflingsumfanges eingestellt ist und das Tastelement (6) seine 0-Position erreicht hat, wonach die Anzeigewerte von der Messspinole (5) abgelesen und als den angetasteten Gewindegängen zugeordnete Messwerte x_2 und x_3 gespeichert werden und

– in einem weiteren Schritt schliesslich aus den Beziehungen $|x_1 - x_2| = D_{21}$ und $|x_1 - x_3| = D_{22}$ der Flankendurchmesser mit $D = D_{21}/2 + D_{22}/2$ ermittelt wird, wobei die Tasterkonstante sowie die Anlageverhältnisse des Tastelementes im Gewindegang zu berücksichtigen sind.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Einstellung der für das Kegелgewinde definierten Messebene (14) die Mitnahme des Fühlhebeltasters (3) und damit auch des Tastelementes (6) mit der Z-Verstellung mit Hilfe eines Endmasses (11) erfolgt, das zwischen seinen beiden Messflächen die Höhe $E = a - d_K/2$ hat, mit a dem Abstand der Messebene (14) von der Tischauflagefläche (2) und d_K dem Durchmesser der Tastkugel (7) am Tastelement (6), wobei eine erste Messfläche auf die Tischauflagefläche (2) aufgelegt und die zweite Messfläche (12) dem Tastelement (6) zugewandt wird, danach der Tisch (1) bis zur Anlage der zweiten Messfläche (12) am Tastelement (6) und dann weiter verschoben wird, bis die beiden Koinzidenzmarken (8, 9) des Federbügels (4) sich gegenüberstehen.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Einstellung der für das Kegелgewinde definierten Messebene (14) die Mitnahme des Fühlhebeltasters (3) bzw. des Tastelementes (6) mit der Z-Verstellung bei unmittelbarer Berührung von Tischauflagefläche (2) und Tastelement (6) erfolgt, wobei die Tischauflagefläche (2) soweit in Z-Richtung zugestellt wird, bis die Tischauflagefläche (2) das Tastelement (6) erreicht, das Tastelement (6) auf der Tischauflagefläche (2) aufliegt und dann weiter zugestellt wird, bis die beiden Koinzidenzmarken (8, 9) des Federbügels (4) sich gegenüberstehen und dann der Tisch (1) aus dieser Position um den Weg $\Delta z = a - d_K/2$ wieder in die entgegengesetzte Richtung verfahren wird, mit a dem Abstand der Messebene (14) von der Tischauflagefläche (2) und $d_K/2$ dem halben Durchmesser der Tastkugel (7).

6. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Einstellnormal zum Zweck der Kalibrierung des Fühlhebeltasters (3) vor der Vermessung eines Kegelinnengewindes ein Kalibrierring genutzt wird, der anstelle des Prüflings (13) auf der Tischauflagefläche (2) angeordnet und an mehreren, sich diametral gegenüberliegenden Positionen seines Umfanges mit dem Fühlhebeltaster (3) angetastet wird, wobei durch Tischverschiebung in Y-Richtung das Tastelement (6) auf den Umkehrpunkt am Umfang des Kalibrierringes eingestellt und aus den ermittelten Messdaten eine Tasterkonstante errechnet und gespeichert wird.

7. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens

nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch

– einen entlang der Koordinatenachsen X, Y, Z verschiebbaren Tisch (1), auf dessen Tischauflagefläche (2) der mit dem Kegелgewinde versehene Prüfling (13) angeordnet ist,

5 – einen am Koordinatenmessgerät angeordneten Fühlhebeltaster (3), der an einem Federbügel (4) in Z-Richtung positionsveränderlich gehalten ist, über den Federbügel (4) mit einer in X-Richtung verstellbaren Messspinole (5) in Verbindung steht und über ein in X-Richtung auslenkbares Tastelement (6) verfügt, das während der Messung nacheinander an verschiedene Gewindeflanken des Kegелgewindes zur Anlage gebracht werden kann,

15 – eine Auswerteeinrichtung, mit welcher der Fühlhebeltaster (3) über Signalwege verbunden ist,

– eine Messanordnung zur Ermittlung von Positionswerten des Tastelementes (6) bei der Bewegung in X-Richtung,

20 – eine Messanordnung zur Ermittlung der X-Positionswerte der Messspinole (5) und

– durch Mittel zur Einstellung und Kontrolle von Z-Positionswerten der Tischauflagefläche (2).

25 8. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Mittel zur Einstellung und Kontrolle von Z-Positionswerten der Tischauflagefläche (2) eine Messanordnung für die Z-Positionswerte oder ein Anschlagsystem mit guter Reproduzierbarkeit vorgesehen ist.

30 9. Anordnung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erhöhung der Reproduzierbarkeit der Einstellung der Koinzidenzmarken (8, 9) am Federbügel (4) ein Feinzeiger (10) oder ein Nullindikator vorgesehen ist.

40

45

50

55

60

65

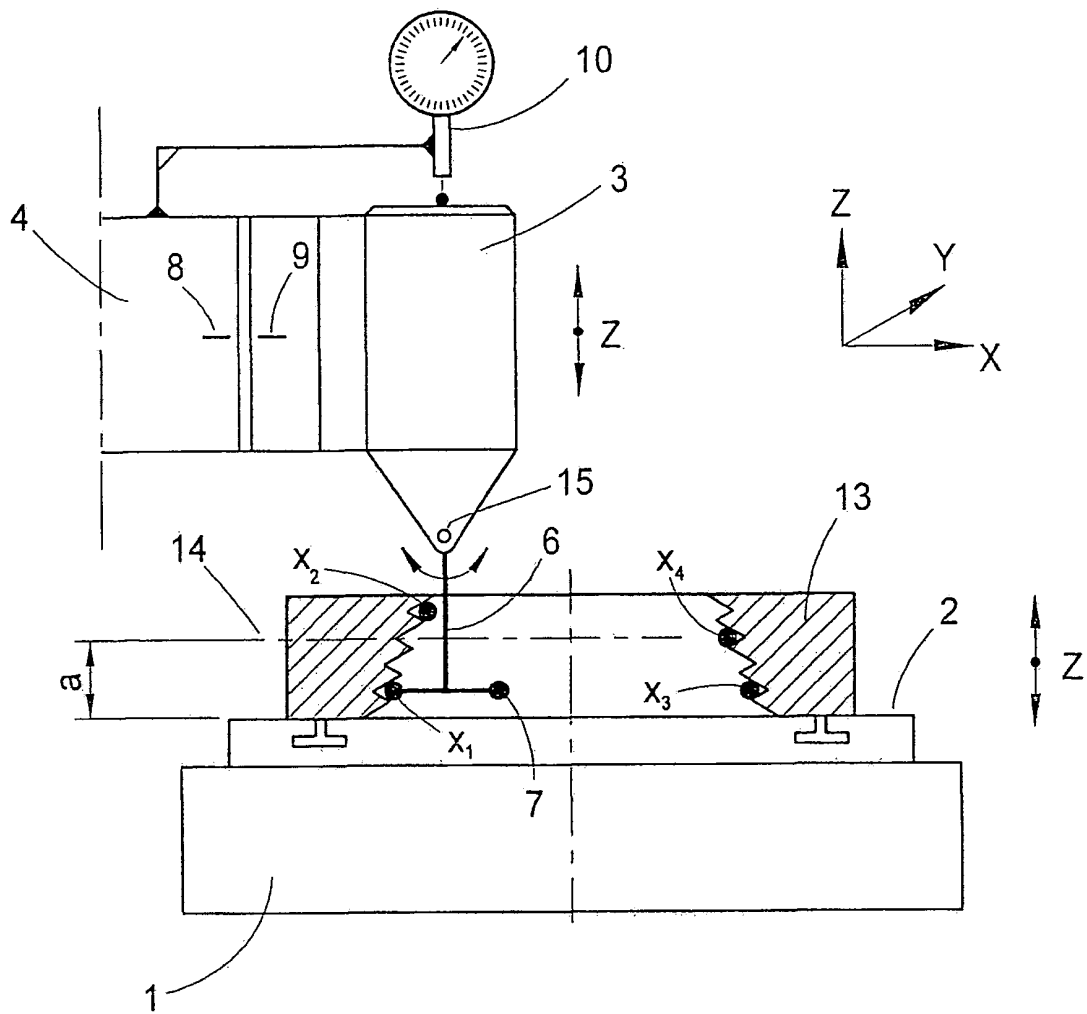


Fig.1

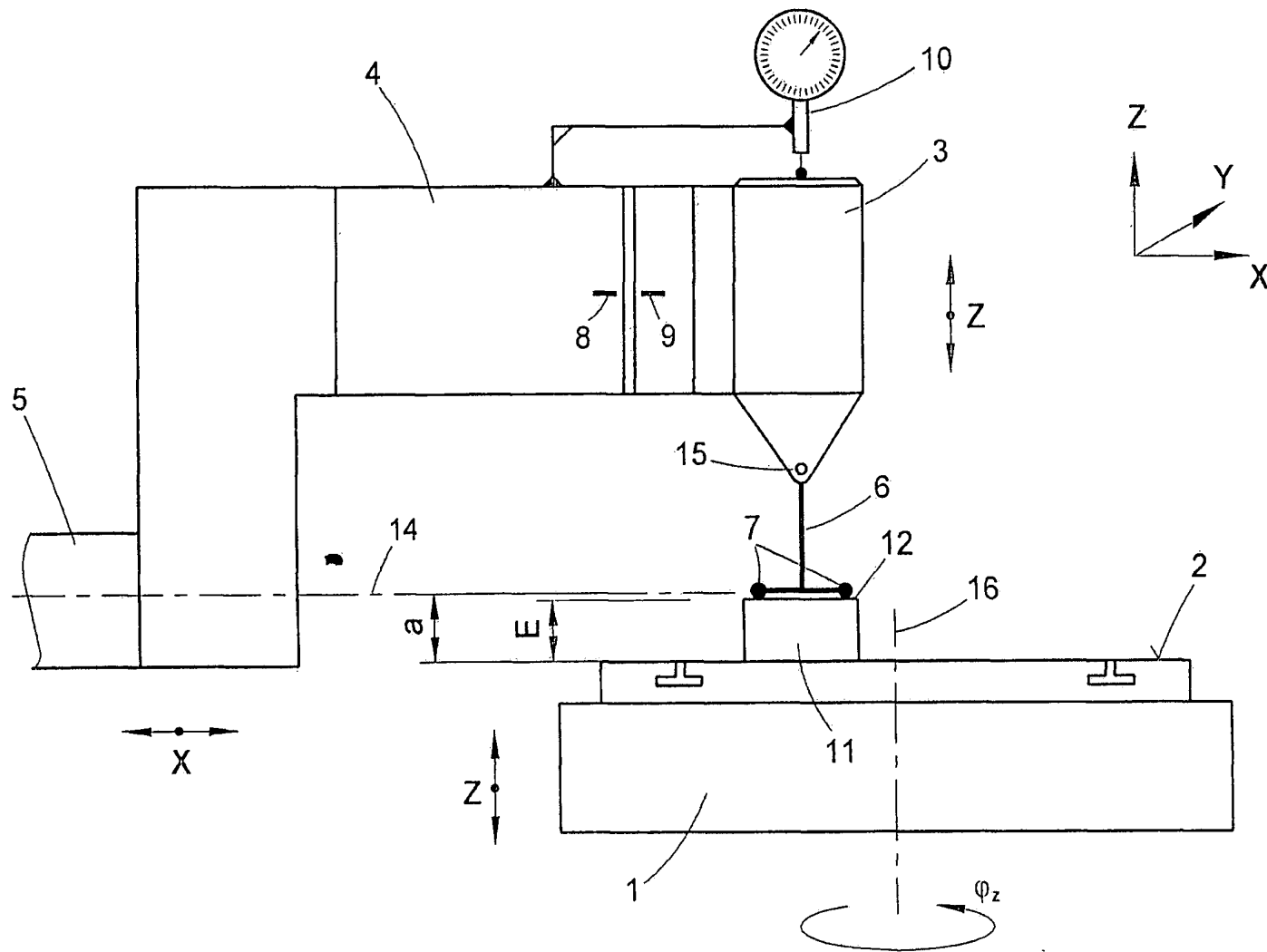


Fig.2