CH 646 513 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(51) Int. Cl.³: G 01 B 7/28
G 01 B 7/12
G 05 D 15/01

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

(12) PATENTSCHRIFT A5

(11) 646 513

(21) Gesuchsnummer: 4062/80

(22) Anmeldungsdatum: 23.05.1980

(30) Priorität(en): 25.05.1979 DE 2921166

(24) Patent erteilt: 30.11.1984

(45) Patentschrift veröffentlicht: 30.11.1984

(73) Inhaber:
Ernst Leitz Wetzlar GmbH, Wetzlar (DE)

(72) Erfinder:
Jacoby, Hans-Dieter, Dr. Dipl.-Ing., Werdorf (DE)

(74) Vertreter:
Kirker & Cie SA, Genève

(54) Verfahren und Anordnung zur automatischen Vermessung eines Werkstückes.

(57) Ein Taster wird aus seiner Grundstellung ausgelenkt und es werden der Auslenkung entsprechende, auf die Grundstellung des Tasters bezogene proportionale elektrische Signale erzeugt. Mit der Auslenkung des Tasters wird ein Regelkreis geschlossen, der eine vorgegebene Antastkraft des Tasters aufrecht erhält.

Nach Erreichen des Werkstückes und Antastung desselben mit vorgegebener Kraft längs der zweiten Messkoordinatenrichtung wird durch den Taster der Messtisch durch eine vorgegebene Steuerspannung mit einer konstanten Geschwindigkeit längs der ersten Messkoordinantenrichtung (Primärkoordinate) verfahren. Zur Aufrechterhaltung der Kontaktkraft zwischen Taster und Werkstück wird der Messtisch in der zweiten Messkoordinatenrichtung (Sekundärkoordinate) mit einer der Nachstellung des Tasters erforderlichen Geschwindigkeit durch eine im Regelkreis erzeugten der Tasterablage von der Grundstellung entsprechende elektrische Spannung angesteuert und bewegt. Die Steuerspannung der Bewegung in der Primärkoordinantenrichtung und die Regelspannung der Sekundärkoordinatenrichtung werden fortlaufend miteinander verglichen. Eine Vertauschung der Primär-/Sekundärgeschwindigkeitsvorgabe erfolgt, wenn die beiden Spannungen Gleichheit erreichen.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur automatischen Vermessung eines von einem in wenigstens zwei orthogonal zueinander verlaufenden Koordinatenrichtungen bewegbaren Messtisch getragenen Werkstückes durch Abtasten mit wenigstens einem Taster eines Tastkopfes während einer Relativbewegung zwischen Werkstück und Tastkopf in einer Koordinatenrichtung, bei dem der Taster aus seiner Grundstellung ausgelenkt wird und der Auslenkung entsprechende, auf die Grundstellung des Tasters bezogene proportionale elektrische Signale erzeugt werden und bei dem mit der Auslenkung des Tasters ein Regelkreis geschlossen wird, der eine vorgegebene Antastkraft des Tasters aufrecht erhält, dadurch gekennzeichnet, dass nach Erreichen des Werkstückes und Antastung desselben mit vorgegebener Kraft längs der zweiten Messkoordinatenrichtung durch den Taster der Messtisch durch eine vorgegebene Steuerspannung mit einer konstanten Geschwindigkeit längs der ersten Messkoordinatenrichtung, Primärkoordinate genannt, verfahren wird, dass zur Aufrechterhaltung der Kontaktkraft zwischen Taster und Werkstück der Messtisch in der zweiten Messkoordinatenrichtung, Sekundärkoordinate genannt, mit einer der Nachstellung des Tasters erforderlichen Geschwindigkeit durch eine im Regelkreis erzeugten der Tasterablage von der Grundstellung entsprechende elektrische Spannung angesetuert und bewegt wird, dass die Steuerspannung der Bewegung in der Primärkoordinatenrichtung und die Regelspannung der Sekundärkoordinatenrichtung fortlaufend miteinander verglichen werden, und dass eine Vertauschung der Primär-/Sekundärgeschwindigkeitsvorgabe erfolgt, wenn die beiden Spannungen Gleichheit erreichen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der jeweils bei Vertauschung der Primär-/Sekundärgeschwindigkeitsvorgabe in Tätigkeit tretende Regelkreis auf die richtige Wiedergabe der Anfangsgeschwindigkeit der von ihm geregelten Tasternachstellbewegung vorbereitet wird.

3. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Messkoordinatenrichtung je ein Steuerkreis (4, 5) und je ein Regelkreis (6, 7) zugeordnet sind, deren Ausgangssignale Motore (33, 34) ansteuern, mit welchen der das Werkstück tragende Messtisch verfahren wird.

4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass je Messkoordinatenrichtung ein Längenschrittgeber (35, 36) vorhanden ist, der mit dem Messtisch verbunden das Ausmass von dessen Bewegung feststellt.

5. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass den Steuerkreisen (4, 5) ein gemeinsamer Rechner (8) vorgeschaltet ist, der die Werte zum Verfahren des Werkstükkes in der Primärkoordinatenrichtung vorgibt.

6. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass den Steuerkreisen (4, 5) eine Schaltungsanordnung mit Komparatoren vorgeschaltet ist.

7. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelkreise (6, 7) dem Taster (3) zugeordnet sind und von diesem in Tätigkeit versetzt werden.

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 3–7, dadurch gekennzeichnet, dass in den Steuer- (4,5) bzw. Regelkreisen (6,7) Schalter (25, 26, 27, 28) und diese betätigende Mittel (29, 30, 31, 32) angeordnet sind, mit denen die Vertauschung der Primär-/Sekundärgeschwindigkeitsvorgabe geschaltet wird.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur automatischen Vermessung eines von einem in wenigstens zwei orthogonal zueinander verlaufenden Koordinatenrichtungen bewegbaren Messtisch getragenen Werkstückes durch Abtasten mit wenigstens einem Taster eines Tastkopfes während einer Relativbewegung zwischen Werkstück und Tastkopf in einer Koordinatenrichtung.

Verfahren und Anordnung dieser Art sind bei Drei-Koordinaten-Messmaschinen von Bedeutung, mit denen das Profil eines Werkstückes abgetastet werden soll und bei denen dazu Taster und Werkstück dauernd durch geeignete Regelungsmassnahmen in Berührung bleiben sollen.

Aus der DE-OS 26 54 839 ist dazu ein Verfahren und eine Vorrichtung bekannt, bei denen eine absolute Messgrösse für die bei der Werkstückantastung entstehende Auslenkung des Tastfingers ermittelt wird, bei denen jeder eine Konturstelle des Werkstückes kennzeichnende Messwert durch vorzeichenrichtige Addition der Tasterfingerauslenkungsmessgrösse und einer die Stellung des Messkopfes im Koordinatenfeld markierende Messgrösse gebildet wird und bei denen weitere Messwerte dadurch ermittelt werden, dass das Werkstück oder der Messkopf stets in die Richtung weiterbewegt werden, die zur Tasterauslenkung seitlich versetzt ist und dass beim Umfahren des Werkstückes der Tastfinger ständig aus seiner Grundstellung ausgelenkt wird.

Durch die US-PS 3 394 248 ist ferner ein System zur Messung der Grösse einer relativen Bewegung zwischen einem Objekt und einem Bezugspunkt bekannt geworden, in welchem optische Gitter eingesetzt sind, mit denen die Bewegung über fotoelektrische Elemente in elektrische Pulse umgesetzt werden, die je nach der Bewegungsrichtung über eine Additions- bzw. Subtraktionsstufe einem Vorwärts-/Rückwärtszähler zugeführt werden.

Es sind aber auch Messmaschinen bekannt, bei denen die Signale für die Regelung aus den Signalen des Induktionstasters abgeleitet werden, die die Auslenkung des Tastkopfes in orthogonal zueinanderstehenden Richtungen repräsentieren. Dabei wird mit diesen Signalen ein Regelkreis geschlossen, der eine vorgegebene Antastkraft des Tasters während einer Relativbewegung zwischen Werkstück und Tastkopf in einer Koordinatenrichtung aufrecht erhält.

Bei den bisher bekannten Messmaschinen hat sich jedoch als gemeinsamer Nachteil herausgestellt, dass in der Nähe der Umschaltstelle von einer Messkoordinatenrichtung in die andere Messungenauigkeiten auftreten, die durch den aus der Reibung zwischen Werkstück und Taster resultierenden Schleppfehler entstehen.

Ein weiterer den bekannten Messmaschinen gemeinsamer Nachteil ist, dass während der Umschaltung der Antastvorgang unterbrochen wird, da zunächst die Relativbewegung zwischen Tastkopf und Werkstück in der einen Koordinatenrichtung gebremst werden muss, bevor nach einer Beruhigungszeit die Relativbewegung in die zweite Koordinatenrichtung in Gang gesetzt werden kann. Die durch Bremsung und Beschleunigung verursachten Fehler lassen die Gewinnung von Messwerten in einem gewissen Bereich nicht zu.

Der Erfindung lag daher die Aufgabe zugrunde, die bei der Profilabtastung mit den bekannten Messmaschinen auftretenden Nachteile abzustellen und einen Umschaltvorgang von der einen Messkoordinaten in die andere ohne Stillstand der Relativbewegung zwischen Werkstück und Tastkopf und ohne Unterbrechung der Datenermittlung zu realisieren.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe durch ein Verfahren gemäss Oberbegriff des Anspruches 1 dadurch gelöst, dass nach Erreichen des Werkstückes und Antastung desselben mit vorgegebener Kraft längs der zweiten Messkoordinatenrichtung durch den Taster der Messtisch durch eine vorgegebene Steuerspannung mit einer konstanten Geschwindigkeit längs der ersten Messkoordinatenrichtung, Primärkoordinate genannt, verfahren wird, dass zur Aufrechterhaltung der Kontaktkraft zwischen Taster und Werkstück der Messtisch in der zweiten Messkoordinatenrichtung, Sekundärkoordinate genannt, mit einer der Nachstellung des Tasters erforderlichen

Geschwindigkeit durch eine im Regelkreis erzeugte, der Tasterablage von der Grundstellung entsprechende elektrische Spannung angesteuert und bewegt wird, dass die Steuerspannung der Bewegung in der Primärkoordinatenrichtung und die Regelspannung der Sekundärkoordinatenrichtung fortlaufend miteinander verglichen werden, und dass eine Vertauschung der Primär-/Sekundärgeschwindigkeitsvorgabe erfolgt, wenn die beiden Spannungen Gleichheit erreichen.

Eine bevorzugte Ausführungsform ist ferner dadurch gekennzeichnet, dass der jeweils bei Vertauschung der Primär-/Sekundärgeschwindigkeitsvorgabe in Tätigkeit tretende Regelkreis auf die richtige Wiedergabe der Anfangsgeschwindigkeit der von ihm geregelten Tasternachstellbewegung vorbereitet wird.

Zur Durchführung dieses Verfahrens wird eine Anordnung vorgeschlagen, in welcher jeder Messkoordinatenrichtung je ein Steuerkreis und je ein Regelkreis zugeordnet sind, deren Ausgangssignale Motore ansteuern, mit welchen der das Werkstück tragende Messtisch verfahren wird.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass je Messkoordinatenrichtung ein Längenschrittgeber vorhanden ist, der mit dem Messtisch verbunden dessen Bewegungsgrösse feststellt.

Vorzugsweise ist ferner vorgesehen, dass den Steuerkreisen ein gemeinsamer Rechner vorgeschaltet ist, der die Werte zum Verfahren des Werkstückes in der Primärkoordinatenrichtung vorgibt.

Es ist aber auch möglich, dass anstelle des Rechners den Steuerkreisen eine Schaltungsanordnung mit Komparatoren vorgeschaltet ist. Vorzugsweise sind die Regelkreise dem Taster zugeordnet und werden von diesem in Tätigkeit gesetzt.

In den Steuer- bzw. Regelkreisen sind beispielsweise Schalter und diese betätigende Mittel angeordnet, mit denen die Vertauschung der Primär-/Sekundärgeschwindigkeitsvorgabe geschaltet wird.

Die Erfindung ist in der Zeichnung anhand eines Ausführungsbeispiels schematisch dargestellt und im Nachstehenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Abtastvorgang in Einzelheit und

Fig. 2 Fig. 2 ein Blockschaltbild der erfindungsgemässen Anordnung.

Anhand der Fig. 1 sollen die erfindungsgemäss ablaufenden Vorgänge beim Abtasten eines Werkstückes in Einzelheit beschrieben werden.

In einem nicht näher bezeichneten Werkstück 1 soll ein Loch 2 durch Abtastung mittels eines Induktivtasters vermessen werden. Der Abtastvorgang als solcher findet in der Ebene «xy» statt. Während des gesamten Abtastvorganges soll der Taster 3 ständig mit dem Werkstück 1 in Kontakt bleiben.

Im Abtastbereich «A» ist die Messkoordinatenrichtung «x» die Primärkoordinate und die Messkoordinatenrichtung «y» die Sekundärkoordinate. Im Abtastbereich «B» wird «y» die Primärkoordinate und «x» die sekundäre. Jeweils in der Primärkoordinatenrichtung bewegen sich Induktivtaster und Werkstück 1 mit konstanter Geschwindigkeit gegeneinander.

Zu Beginn des Abtastvorganges ist eine Antastung des Werkstückes 1 in Richtung der Messkoordinate «y» erfolgt. Die Ablage des Tasters 3 in Richtung der Messkoordinate «y» wird auf einen Sollwert «S» eingestellt.

Bei Relativbewegung zwischen Werkstück 1 und Induktivtaster 3 in Richtung der Messkoordinaten «x» ergibt sich am Induktivtaster 3 aufgrund der Gestalt des Werkstückes 1 eine Ablage in Richtung Messkoordinate «y» vom Sollwert «S» die in eine entsprechende elektrische Grösse umgesetzt wird. Diese Grösse wird einem noch zu beschreibenden Regler zugeführt, der wiederum einen Motor ansteuert, mit dem nunmehr auch eine Relativbewegung zwischen Induktivtaster 3 und Werkstück in Richtung der Messkoordinaten «y» in Gang setzt. Der Regler ist dabei so ausgelegt, dass der eingangs eingestellte Sollwert «S» stets in etwa erhalten bleibt.

Im Abtastbereich «A» ist, wie bereits weiter oben beschrieben, die Messkoordinatenrichtung «y» die Sekundärkoordinate, in welcher die Relativbewegung zwischen Induktivtaster 3 und dem Werkstück 1 durch einen Regelkreis beeinflusst wird. Bei Punkt C in Fig. 1 wird die Geschwindigkeit der Relativbewegung zwischen Induktivtaster 3 und Werkstück 1 in Richtung der Messkoordinaten «y» in etwa so gross sein wie die Relativbewegung zwischen den beiden in Richtung der Messkoordinaten «x».

Bei einer weiteren Bewegung in Messkoordinatenrichtung «x» müsste die Bewegung in der «y»-Richtung sehr stark ansteigen, und in Punkt «D» wäre ein Betrieb nicht nicht mehr möglich. Deshalb muss in den Abtastbereich «B» umgeschaltet werden, in dem, wie bereits oben beschrieben, die Messkoordinatenrichtung «y» die Primär- und die Messkoordinatenrichtung «x» die Sekundärkoordinate wird.

Dabei soll die Umschaltung bei Gleichheit der Geschwindigkeiten der beiden Relativbewegungen vorgenommen werden.

Ausserdem soll der die Bewegung in der Sekundärkoordinaten regelnde Kreis vorbereitet werden, so dass er unmittelbar nach dem Umschaltvorgang die richtige Anfangsgeschwindigkeit für die sekundäre Relativbewegung zwischen Taster 3 und Werkstück 1 wiedergibt.

Ein Schaltungsbeispiel, mit dem diese Forderungen erfüllt werden können, ist in Fig. 2 wiedergegeben.

Darin ist jeder Messkoordinatenrichtung je ein Steuerkreis 4, 5 je ein Regelkreis 6, 7 zugeordnet. Die Steuerkreise 4, 5 besitzen einen gemeinsamen Rechner 8, je einen Digital/Analogwandler 9 bzw. 10, je zwei Widerstände 11, 12 bzw. 13, 14 je einen Verstärker 15 bzw. 16 und je einen Leistungsverstärker 17 bzw. 18.

Die Regelkreise 6 und 7 bestehen je aus Verstärkern 15 und 16, die bereits auch den Steuerkreisen 4 bzw. 5 zugeordnet sind und denen je ein Vorwiderstand 19 bzw. 20 vorgeschaltet ist.

In den Rückkopplungszweig eines jeden Verstärkers 15 bzw. 16, ist ein je aus einem Kondensator 21 bzw. 22 und einem Widerstand 23 bzw. 24 bestehendes CR-Glied geschaltet.

Jedem der Steuerkreise 4, 5 und Regelkreise 6, 7 sind Schalter 25 bis 28 zugeordnet, die durch Relais 29–32 betätigt werden. Die Schalter 25–28 schalten jeweils die Steuerkreise 4, 5 oder die Regelkreise 6, 7 an Motore 33 und 34, welche einen nicht mitdargestellten Messtisch in den Messkoordinatenrichtungen x und y bewegen. Die Grösse der Messtischbewegung wird von je einem Längenschrittgeber 35 bzw. 36 kontrolliert.

Die Wirkungsweise der beschriebenen Anordnung ist, wie folgt: Im Abtastbereich «A» gemäss Fig. 1 ist die Messkoordinatenrichtung «x» die Primärkoordinate. Das heisst, der Schalter 25 ist geschlossen und der Schalter 26 ist geöffnet. Die vom Rechner 8 vorgegebenen digitalen Werte werden im Digital/Analogwandler 9 in eine analoge elektrische Spannung gewandelt, die nach Durchlaufen von Verstärker 15 und Leistungsverstärker 17 vom Motor 33 in eine entsprechende Drehzahl umgesetzt wird, mit welcher der nicht mitdargestellte Messtisch in Richtung der Messkoordinaten «x» mit konstanter Geschwindigkeit bewegt wird.

Durch die bei Beginn des Abtastvorganges in Messkoordinatenrichtung «y» erfolgte Antastung des Werkstückes 1 durch den Induktivtaster 3 ist der Schalter 27 über das Relais 31 geschlossen und der Schalter 28 mittels Relais 32 geöffnet worden. Dadurch gelangt die vom Induktivtaster 3 erzeugte, seiner Ablage vom Sollwert proportionale Spannung zum Verstärker 16, der als P-I-Regler ausgelegt ist. Mit Hilfe des im Rückkopplungszweig des Verstärkers 16 angeordneten Kondensators 22 wird der I-Anteil des Regelkreises 7 rea-

lisiert, so dass am Ausgang des Verstärkers 16 eine Spannung ansteht, die der Geschwindigkeit proportional ist, mit welcher der Induktivtaster 3 zur Aufrechterhaltung des Kontaktes mit dem Werkstück 1 bewegt werden muss. Diese Spannung gelangt über den Leistungsverstärker 18 zum Motor 34, der den nicht mitdargestellten Messtisch in der Messkoordinatenrichtung «y» in diesem Falle in der Sekundärkoordinatenrichtung bewegt.

Noch während des Abtastvorganges im Bereich «A» hat sich der im Rückkopplungszweig des Verstärkers 15 angeordnete Kondensator 21 mit der Spannung aufgeladen, die der Geschwindigkeit der Bewegung in der Primärkoordinatenrichtung, im vorliegenden Fall die Messkoordinatenrichtung «x», proportional ist.

Wie weiter oben bereits beschrieben, muss, soll der Abtastvorgang ohne Stillstand und ohne Unterbrechung der Datenermittlung ablaufen, frühzeitig genug vom Abtastbereich «A» in der Messkoordinatenrichtung «x» in den Abtastbereich «B» in Messkoordinatenrichtung «y» umgeschaltet werden.

Diese Umschaltung wird dadurch veranlasst, dass der Rechner 8 in kurzfristigen Intervallen die Geschwindigkeiten sowohl in der Primär- als auch in der Sekundärkoordinatenrichtung mit Hilfe eines digitalen Zahlenvergleiches überwacht. Dies geschieht dadurch, dass der Rechner 8 in Zeitintervallen die Positionen des Messtisches aus den mit diesem verbundenen Längenschrittgebern 35 bzw. 36 abfragt und den Weg $\Delta\, l_x$ bzw. $\Delta\, l_y$ zwischen zwei Abrufzeiten (t) berechnet. Gleichzeitig berechnet er auch nach der Formel

$$V_x = \frac{\Delta\, l_x}{t} \quad \text{bzw.} \quad V_y = \frac{\Delta\, l_y}{t}$$

die Geschwindigkeit dieser Bewegung.

Sobald der Rechner 8 gleiche Geschwindigkeiten zwischen den Bewegungen in der Primär- bzw. Sekundärkoordinatenrichtung feststellt, gibt er ein Signal aus, mit dem eine Vertauschung zwischen Primär- und Sekundärgeschwindigkeitsvorgabe erfolgt.

Zu diesem Zeitpunkt werden die Schalter 25 und 27 geöffnet und die Schalter 26 und 28 geschlossen. Dadurch wird der Regelkreis 6 von der Beeinflussung durch den Induktivtaster 3 abgeschaltet und der Steuerkreis 4 eingeschaltet. Es wird nunmehr in der Messkoordinatenrichtung «y» mit der vom Rechner 8 vorgegebenen Geschwindigkeit gesteuert und in der Messkoordinatenrichtung «x» geregelt. Da der zum Regelkreis 6 gehörende Kondensator 21, wie beschrieben, mit einer der Verfahrensgeschwindigkeit in der Messkoordinatenrichtung «x» proportionalen Spannung aufgeladen wurde, erfolgt der Übergang ruckfrei und ohne Stillstand.

Die hier beschriebene Schaltungsanordnung zur analogen Verarbeitung der Regelungs- und Steuersignale sowie die rechnergesteuerte Überwachung der Geschwindigkeit sind nur ein Ausführungsbeispiel. Andere Ausführungen zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens sind möglich.

Fig. 1

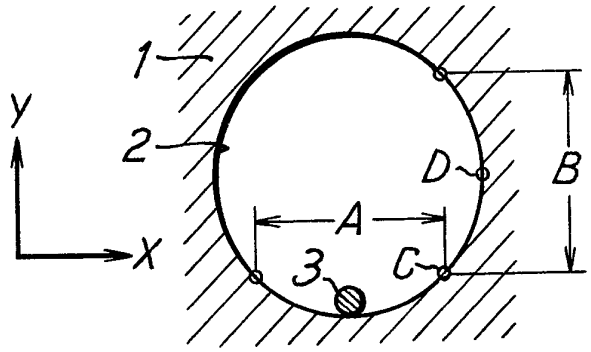
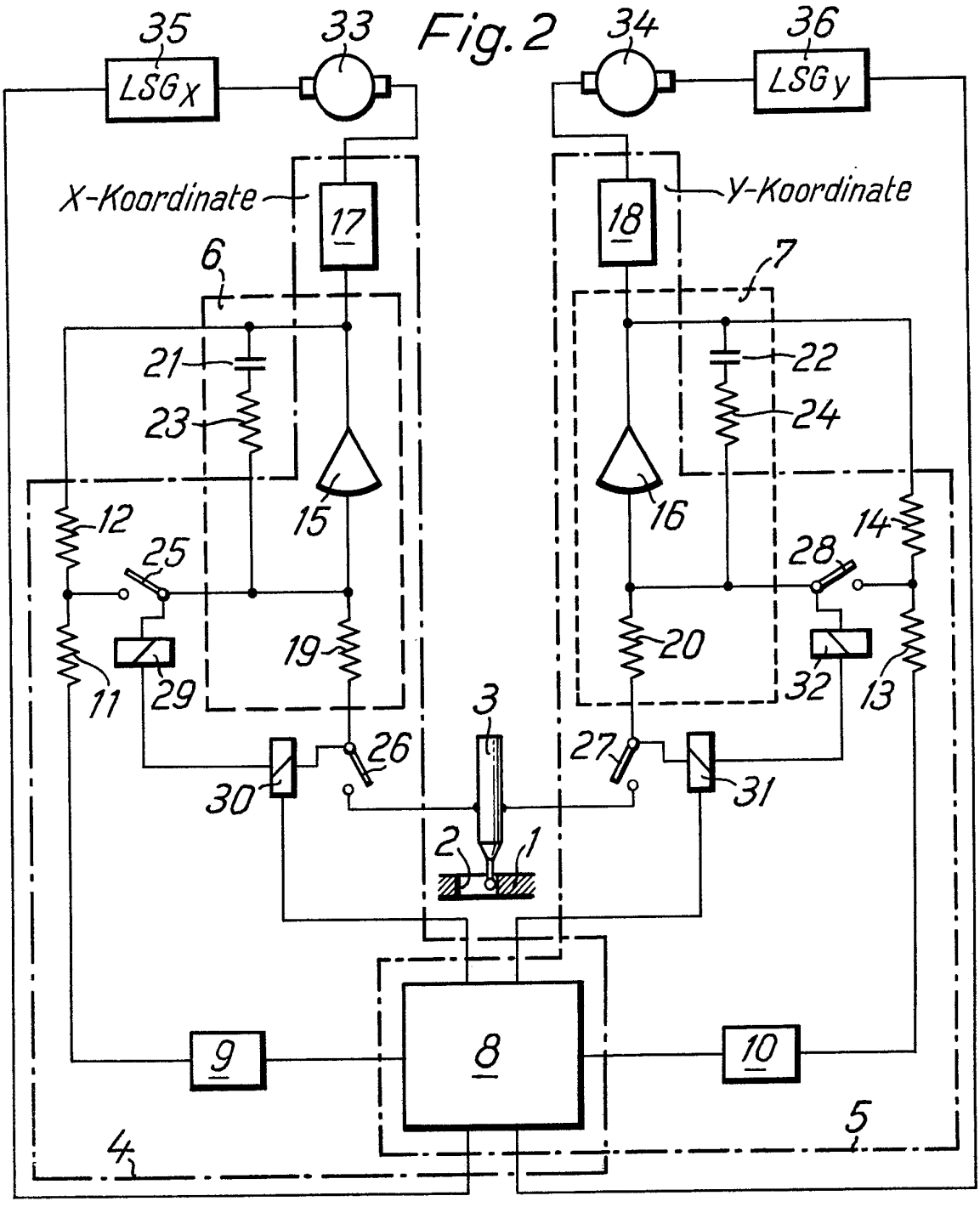

1
2
y
x
D
B
A
3
C

Fig. 2


35
LSGx
33
34
LSGy
36
X-Koordinate
17
18
Y-Koordinate
6
7
21
23
22
24
12
25
15
16
14
28
11
29
19
20
32
13
3
26
27
30
31
2
1
9
8
10
4
5