



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑪

640 937

⑳① Gesuchsnummer: 7886/79

⑳③ Inhaber:
NGK Insulators, Ltd., Mizuho-ku/Nagoya City
(JP)

⑳② Anmeldungsdatum: 30.08.1979

⑳③ Priorität(en): 11.09.1978 JP 53-110600

⑳② Erfinder:
Isao Ito, Mizuho-ku/Nagoya City (JP)

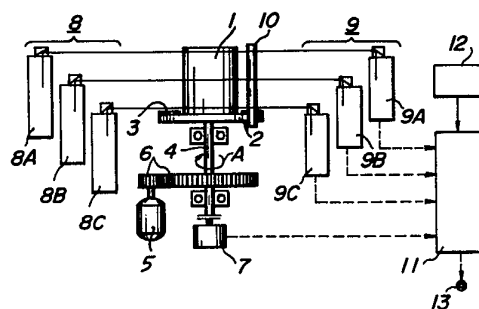
⑳④ Patent erteilt: 31.01.1984

⑳④ Vertreter:
Bovard AG, Bern 25

⑳⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 31.01.1984

⑤④ Vorrichtung zur berührungslosen Messung der Konturform von Gegenständen.

⑤⑦ Die Vorrichtung hat einen Drehtisch (2) in dessen Mitte der zu messende Gegenstand (1) anzuordnen ist. Ein Winkeldetektor (7) liefert ein vom Drehwinkel des Drehtisches abhängiges Drehwinkelsignal und ein Randdetektor (8, 9) erzeugt durch optische Abtastung der Kontur des zu messenden Gegenstands ein Ist-Randpositionssignal. Das Drehwinkelsignal, das Ist-Randpositionssignal sowie ein in einem Speicher (12) gespeichertes Soll-Randpositionssignal werden einer Messschaltung (11) zugeführt, die ein Fehlersignal erzeugt, das die Abweichung der Ist-Konturform von der Soll-Konturform des Gegenstands angibt. Die Vorrichtung ist besonders zur Messung der Kontur von zerbrechlichen, spröden Gegenständen geeignet.



PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zur berührungslosen Messung der Konturform eines Gegenstandes, gekennzeichnet durch:

einen Drehtisch (2), auf dem der zu messende Gegenstand anzuordnen ist, einen Winkeldetektor (7) zum Feststellen des Drehwinkels des Drehtisches und Erzeugen eines von diesem Drehwinkel abhängigen Signals, einen Randdetektor (8, 9) mit mindestens einem auf einer Seite des Drehtisches angeordneten Lichtprojektor (8) zum Richten eines Parallellichtstrahls auf den zu messenden Gegenstand und mindestens einem auf der dem Projektor gegenüberliegenden Seite des Drehtisches angeordneten Lichtempfänger (9) zum Empfangen des Teils des Parallellichtstrahls, der nicht vom Gegenstand abgedeckt wird und zum Ableiten eines Ist-Randpositionssignals vom empfangenen Licht, einen Speicher (12) zum Speichern eines Soll-Randpositionssignals, das der Soll-Konturform des zu messenden Gegenstands entspricht, und eine Messschaltung (11) zum Erzeugen eines Fehlersignals aus dem Drehwinkelsignal, dem Ist-Randpositionssignal sowie dem Soll-Randpositionssignal, welches Fehlersignal die Abweichung der Ist-Konturform von der Soll-Konturform des Gegenstandes angibt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Randdetektor mehrere Paare von Lichtprojektoren (8A, 8B und 8C) und Lichtempfängern (9A, 9B und 9C) umfasst, die in verschiedenen Höhen über dem Drehtisch angeordnet sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Randdetektor eine fest angeordnete Blende (10) zum Abdecken oder Abschneiden eines Randbereichs des Parallellichtstrahls hat.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Speicher die maximal zulässige Abweichung der Ist-Konturform von der Soll-Konturform und die Messschaltung zum Vergleich der gemessenen Abweichung mit der maximal zulässigen Abweichung der Ist-Konturform von der Soll-Konturform ausgebildet ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtprojektor eine Laserlichtquelle mit einem drehbaren Spiegel oder Prisma hat, so dass der zu messende Gegenstand mit einem Parallellaserlichtstrahl abgetastet werden kann und die Messschaltung die Randposition des zu messenden Gegenstands durch Messen der Zeitdauer des Ausgangssignals des Lichtempfängers bestimmt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein auf dem Drehtisch angeordnetes Führungselement (3) zum richtigen Positionieren des zu messenden Gegenstands auf dem Drehtisch.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Messschaltung zur Kompensation der Abweichung des Zentrums des zu messenden Gegenstands vom Zentrum des Drehtisches ausgebildet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Messschaltung zur Kompensation der Abweichung der Winkelstellung des zu messenden Gegenstands in Bezug zum Drehtisch ausgebildet ist.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur berührungslosen automatischen Messung der Konturform eines Gegenstandes, insbesondere von zylindrischen säulenförmigen Gegenständen mit kreisförmigem oder elliptischem Querschnitt.

Zum Messen der Konturform von Gegenständen, insbesondere der Krümmung von zylindrischen Körpern mit kreisförmigem oder elliptischem Querschnitt werden die Gegen-

stände üblicherweise entweder gegen eine Grenzlehre gedrückt, die entsprechend der Toleranz der Gegenstände bemessen ist, oder es werden die Abmessungen der Gegenstände mit einem Messfühler gemessen, der mit den Gegenständen in Berührung steht. Bei diesen bekannten Messverfahren ist sowohl die Grenzlehre als auch der Messfühler in direktem Kontakt mit dem zu messenden Gegenstand. Deshalb sind diese bekannten Messverfahren nicht für spröde, zerbrechliche Gegenstände wie wabenförmige, keramische Verbundkörper geeignet.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung einer Vorrichtung zum raschen, berührungslosen Messen der Konturform von Gegenständen durch Messen von deren Krümmung oder Abmessungen.

15 Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung einer Vorrichtung der vorstehend genannten Art, die einfach aufgebaut und leicht zu bedienen ist.

Diese Aufgaben werden nach der vorliegenden Erfindung durch eine Vorrichtung zur berührungslosen Messung der Konturform eines Gegenstandes gelöst, die gekennzeichnet ist durch:

einen Drehtisch, auf dem der zu messende Gegenstand anzuordnen ist, einen Winkeldetektor zum Feststellen des Drehwinkels des Drehtisches und Erzeugen eines von diesem Drehwinkel abhängigen Signals, einen Randdetektor mit mindestens einem auf einer Seite des Drehtisches angeordneten Lichtprojektor zum Richten eines Parallellichtstrahls auf den zu messenden Gegenstand und mindestens einem auf der dem Projektor gegenüberliegenden Seite des Drehtisches angeordneten Lichtempfänger zum Empfangen des Teils des Parallellichtstrahls, der nicht vom Gegenstand abgedeckt wird und zum Ableiten eines Ist-Randpositionssignals vom empfangenen Licht,

einen Speicher zum Speichern eines Soll-Randpositionssignals, das der Soll-Konturform des zu messenden Gegenstands entspricht, und eine Messschaltung zum Erzeugen eines Fehlersignals aus dem Drehwinkelsignal, dem Ist-Randpositionssignal sowie dem Soll-Randpositionssignal, welches Fehlersignal die Abweichung der Ist-Konturform von der Soll-Konturform des Gegenstands angibt.

Nachfolgend werden anhand der beiliegenden Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben. In den Zeichnungen zeigt:

Fig. 1 eine schematische Draufsicht auf ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung nach der Erfindung,

Fig. 2 eine schematische Seitenansicht der Vorrichtung nach Fig. 1,

Fig. 3a und b Signalwellenformen zur Erläuterung der Funktionsweise der Vorrichtung nach den Fig. 1 und 2,

Fig. 4 eine schematische Darstellung der Konturform eines im wesentlichen säulenförmigen Körpers mit elliptischem Querschnitt zur Erläuterung eines speziellen Messspiels,

Fig. 5 eine graphische Darstellung der Kontursignale eines Gegenstands in verschiedenen Lagen in Bezug zum Drehtisch der Vorrichtung nach den Fig. 1 und 2, welche Darstellung zur Erläuterung der Kompensation von Lagefehlern eines zu messenden Gegenstands dient, und

Fig. 6 eine schematische Draufsicht auf ein weiteres Ausführungsbeispiel der Vorrichtung nach der Erfindung.

Die Fig. 1 und 2 zeigen schematische Ansichten eines Ausführungsbeispiels der Vorrichtung zum berührungslosen Messen der Konturform von Gegenständen nach der Erfindung. Ein zu messender Gegenstand 1 wird in die Mitte eines Drehtisches 2 gestellt. Zur Erleichterung der Anordnung des zu messenden Gegenstands 1 in der Mitte des Drehtisches 2 ist eine Führungsplatte 3 auf der Oberseite des Drehtisches 2 montiert. Der Drehtisch 2 ist mit einer drehbaren Welle 4 ver-

bunden, welche von einem Motor 5 über ein Getriebe 6 in Richtung des Pfeils A gedreht wird. Die Welle 4 ist ferner mit einem Drehwinkeldetektor 7, beispielsweise einem Drehwinkelcodierer verbunden. Der Winkelcodierer 7 erzeugt ein vom Drehwinkel des Drehtisches 2 und damit vom Drehwinkel des Gegenstands 1 abhängiges Signal.

Die Vorrichtung hat ferner drei optische Randdetektoren, von denen jeder einen Lichtprojektor zum Aussenden eines Parallellichtstrahls und einen Lichtempfänger zum Empfangen des Parallellichtstrahls umfasst. Die Projektoren und Empfänger sind auf einander gegenüberliegenden Seiten des Drehtisches 2 angeordnet. Wie Fig. 2 zeigt, sind die drei Lichtprojektoren 8A, 8B und 8C auf der linken Seite des Drehtisches 2 in verschiedenen Höhen angeordnet und arbeiten mit den drei Lichtempfängern 9A, 9B und 9C zusammen, die auf der rechten Seite des Drehtisches 2 ebenfalls in verschiedenen Höhen angeordnet sind. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird die Konturform des Gegenstands 1 gleichzeitig an drei verschiedenen Stellen gemessen. Jeder der drei Projektoren enthält eine Laserlichtquelle und einen drehbaren Ablenkspiegel oder Ablenkprisma zum Reflektieren des Laserstrahls in paralleler Form, wie in Fig. 2 dargestellt. Jeder der drei Lichtempfänger hat eine Eintrittsapertur, die so gross ist, dass der ganze Parallellichtstrahl empfangen werden kann. Anstelle einer Laserlichtquelle kann auch eine Kombination aus einer üblichen Lampe und einem Hohlspiegel verwendet werden. Gewöhnlich hat ein Rand des von den Projektoren 8A bis 8C projizierten Parallellichtstrahls eine kleine Abweichung, welche die Messgenauigkeit verschlechtern kann. Zur Vermeidung einer solchen Abweichung des Randteils der Parallellichtstrahlen hat die Vorrichtung eine Streifenblende 10, die den Randteil der Parallellichtstrahlen abschneidet oder abschirmt. Wie noch später erläutert wird, dient die Lage der Streifenblende 10 als Bezugsfläche für die Konturmessung.

Das Drehwinkelsignal des Winkelcodierers 7 und die Ist-Randpositionssignale der Lichtempfänger 9A bis 9C werden einer Messschaltung 11 zugeführt, die auch ein Soll-Randpositionssignal erhält, das in einem Speicher 12 gespeichert ist. Das Soll-Randpositionssignal entspricht dem Randpositionssignal, das die Randdetektoreinrichtung 8, 9 liefern würde, wenn der zu messende Gegenstand die richtige vorgegebene Konturform und Abmessung hätte, genau in der Mitte des Drehtisches 2 angeordnet wäre und über einen Drehwinkel von 360° gedreht würde.

In der Messschaltung 11 werden die Randpositionssignale in Abhängigkeit vom Drehwinkelsignal miteinander verglichen und ein Fehlersignal erzeugt, das anzeigt, ob der gemessene Gegenstand 1 die richtige Konturform, d.h. die richtigen Umfangsabmessungen hat oder nicht hat.

Anhand der Fig. 3 wird nachfolgend die Bestimmung der Krümmung, d.h. der Konturform eines Gegenstands 1, mit Hilfe der Vorrichtung nach den Fig. 1 und 2 beschrieben. Der Gegenstand 1, im vorliegenden Fall ein elliptischer Zylinder, wird auf den Drehtisch 2 gestellt und in Richtung des Pfeils A gedreht. Während dieser Drehung richten die Projektoren 8A bis 8C in Fig. 1 die Laserstrahlen in einer gegebenen Periode T nach und nach von oben nach unten, so dass der Umfang des Gegenstandes 1 während der Periode T von den Laserstrahlen vollständig abgetastet wird. Die Fig. 3a zeigt die Wellenform des Ausgangssignals von einem der drei Lichtempfänger, beispielsweise des Empfängers 9A, wenn sich der Gegenstand 1 nicht auf dem Drehtisch 2 befindet. Da in diesem Fall der Laserstrahl nicht vom Gegenstand 1 beeinflusst wird, erhält der Empfänger 9A während der ganzen Dauer der Periode T den vollständigen Laserstrahl, so dass das Ausgangssignal des Empfängers 9A während der ganzen Abtastperiode T unverändert andauert. Wenn sich der Gegenstand 1

auf dem Drehtisch 2 befindet, wird der Laserstrahl durch den Gegenstand 1 abgeschirmt, so dass die Dauer des Ausgangssignals des Empfängers 9A auf den Wert t verringert ist, wie in Fig. 3b dargestellt. Wie aus der Fig. 1 ersichtlich ist, ist diese Zeitdauer t vom Abstand S zwischen der Streifenblende 10 und dem Rand des Gegenstands 1 abhängig. Dadurch kann ein Abstand r zwischen dem Rand des Gegenstands 1 und dem Zentrum 0 des Drehtisches 2 als Differenz zwischen einem konstanten Abstand L vom Zentrum 0 zur fest angeordneten Streifenblende 10 und dem Abstand S gemessen werden. Dieser Abstand r ändert sich mit der Drehung des Drehtisches 2. Im Speicher 12 sind die Soll-Randpositionswerte für den Abstand r in Abhängigkeit vom Drehwinkel θ des Drehtisches 2 gespeichert. Dadurch kann die Messschaltung 11 mit Hilfe des Drehwinkelsignals vom Winkelcodierer 7 eine Abweichung des Abstands r vom Sollwert bei den einzelnen Winkelpositionen des Gegenstands 1 feststellen. Da bei der Vorrichtung nach den Fig. 1 und 2 die Messung an drei verschiedenen Stellen des Gegenstands 1 durchgeführt wird, kann auch der Grad der Senkrechtlichkeit der Oberfläche des Gegenstands durch Vergleich von drei berechneten Werten für den Abstand r bei verschiedenen hohen Stellen des Gegenstands 1 bestimmt werden.

Wie bereits oben erwähnt, ist auf der Oberseite des Drehtisches 2 eine Führungsplatte 3 zur richtigen Anordnung des Gegenstands 1 auf dem Drehtisch montiert. In der Praxis kann jedoch trotzdem der Gegenstand 1 nicht genau in der Mitte des Drehtisches 2 angeordnet sein, so dass das Zentrum des Gegenstands 1 nicht mit dem Zentrum 0 des Drehtisches 2 ausgerichtet ist. Diese Abweichung der beiden Zentren voneinander kann Messfehler bewirken. Zur Vermeidung solcher Messfehler wird diese Abweichung in der Messschaltung 11 kompensiert. Diese Kompensation wird nachfolgend anhand der Fig. 4 und 5 erläutert.

Fig. 4 zeigt schematisch die im wesentlichen elliptische Konturform eines Gegenstands mit Soll-Abmessungen. Der Gegenstand hat einen grössten Durchmesser D_1 , einen kleinsten Durchmesser D_s , einen kleinsten Krümmungsradius R_1 und einen grössten Krümmungsradius R_2 . Damit kann der Abstand r vom Zentrum C bis zum Rand des Gegenstands bei einem Winkel θ wie folgt ausgedrückt werden:

$$r = R_1 + (D_1/2 - R_1) \cos \theta$$

für die Bereiche

$$0 \leq \theta \leq \theta_0, \quad \pi - \theta_0 \leq \theta \leq \pi + \theta_0, \quad \text{und} \quad 2\pi - \theta_0 \leq \theta < 2\pi$$

oder

$$r = R_2 - (R_2 - D_s/2) \sin \theta$$

für die Bereiche

$$\theta_0 < \theta < \pi - \theta_0, \quad \text{und} \quad \pi + \theta_0 < \theta < 2\pi - \theta_0$$

$$\text{wobei } \theta_0 = \arctan \frac{R_2 - \frac{D_s}{2}}{\frac{D_1}{2} - R_1} \text{ ist.}$$

Wenn dieser Gegenstand mit den Sollwertabmessungen richtig in der Mitte des Drehtisches 2 angeordnet ist, kann die Messschaltung 11 den Abstand r berechnen, während der Drehtisch 2 eine Umdrehung ausführt. Dieser berechnete Abstand r ist in Fig. 5 als voll ausgezogene Kurve a darge-

stellt. Bei der praktischen Messung ist jedoch zwischen dem Zentrum C des Gegenstands 1 und dem Zentrum 0 des Drehtisches 2 eine Abweichung vorhanden, so dass der berechnete Abstand r durch die gestrichelte Kurve b in Fig. 5 wiedergegeben wird. Zur Kompensation dieser Abweichung kann die Kurve b durch Einführen der folgenden Korrekturgrößen in die in Fig. 5 strichpunktiert dargestellte Kurve c umgewandelt werden:

In Richtung der grossen Achse: $(dp_1 + dp_2)/2$,
in Richtung der kleinen Achse: $(dq_1 + dq_2)/2$,
wobei dp_1 , dp_2 und dq_1 , dq_2 die Verschiebestrecken zwischen dem Zentrum C des Gegenstands 1 und dem Zentrum 0 des Drehtisches in Richtung der grossen bzw. der kleinen Achse darstellen.

Auf diese Weise kann die Abweichung der Zentren kompensiert werden. Bei der wirklichen Messung tritt jedoch auch ein Winkelfehler auf, d.h. eine Abweichung in der Drehrichtung. Dieser Winkelfehler kann durch Einführen eines Korrekturwinkels korrigiert werden, welcher nach der Methode der kleinsten Quadrate, d.h. nach der Beziehung:

$$\sum_{n=1}^4 (\alpha - \alpha_n)^2 \quad \text{Minimum}$$

bestimmt werden kann, worin α_1 , α_2 , α_3 und α_4 die Abweichungswinkel zwischen der idealen Kurve a und der Kurve c bei vier gegebenen Winkelstellungen θ_1 , θ_2 , θ_3 und θ_4 sind. Nach der vorstehend angegebenen Korrekturen kann die Abweichung der Ist-Konturform des Gegenstands 1 von der Soll-Konturform sehr genau ermittelt werden. Die Messschaltung 11 stellt ferner fest, ob die Abweichung die maximal zulässige Toleranz übersteigt oder nicht übersteigt und

erzeugt ein entsprechendes Signal am Ausgang 13, das ausgedruckt oder angezeigt wird.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. Beispielsweise können Konturformen von Gegenständen der verschiedensten Form wie säulenförmigen Körpern mit eckigen Querschnitten und Kegelschnittquerschnitten gemessen werden. Bei dem Ausführungsbeispiel nach den Fig. 1 und 2 richten die Projektoren 8 ihren Laserstrahl nur auf eine Seite des Gegenstands 1. Wenn jedoch der Gegenstand relativ dünn ist, wird er, wie in Fig. 6 dargestellt, zur Gänze vom Licht jedes Projektors 8 beleuchtet. In diesem Fall sollte jeder Lichtempfänger 9 eine so breite Eintrittsapertur haben, dass das an beiden Seiten des Gegenstands 1 vorbeigehende Licht in den Empfänger gelangen kann. Bei dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel wird der Abstand S durch Messung der Dauer des Ausgangssignals der Lichtempfänger 9 bestimmt. Der Abstand S kann jedoch auch aus der Amplitude des Ausgangssignals der Lichtempfänger 9 bestimmt werden, wenn der Gegenstand simultan mit einem breiten Parallellichtstrahl beleuchtet wird. In diesem Fall braucht der Laserstrahl der Projektoren 8 keine Abtastbewegung auszuführen, so dass keine Drehspeigel nötig sind. Es genügt dann eine Drehung des zu messenden Gegenstands über einen Winkel von 180° anstatt von 360° .

Mit der Vorrichtung nach der Erfindung kann die Konturform, insbesondere die Krümmung eines Gegenstands berührungslos genau gemessen werden. Dies ist besonders bei spröden Gegenständen wichtig. Da die Messung ferner in der sehr kurzen Zeit von 2 bis 3 Sekunden durchgeführt werden kann, ist die Vorrichtung nach der Erfindung besonders zur Messung von keramischen Körpern mit wabenförmiger Struktur geeignet, welche in Massenproduktion hergestellt werden.

FIG. 1

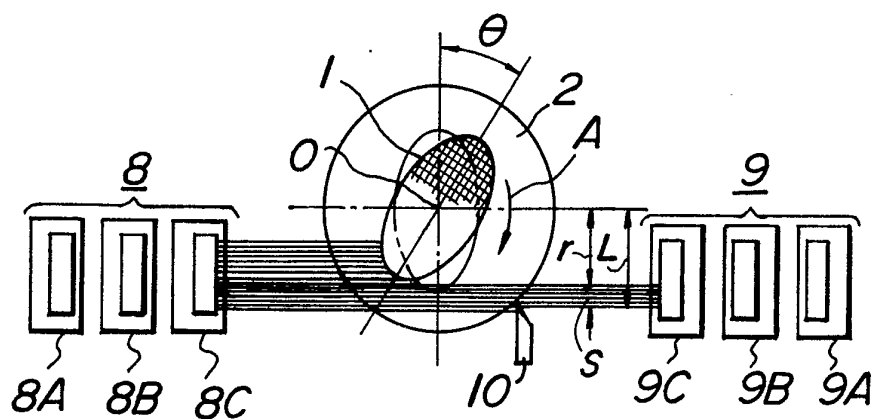


FIG. 2

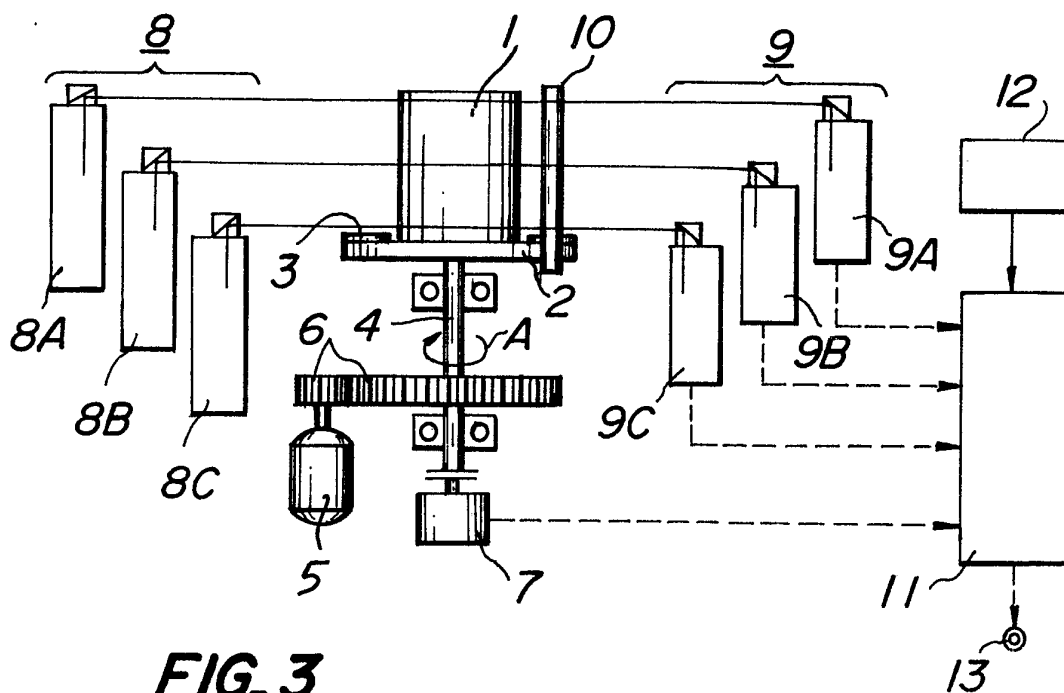


FIG. 3

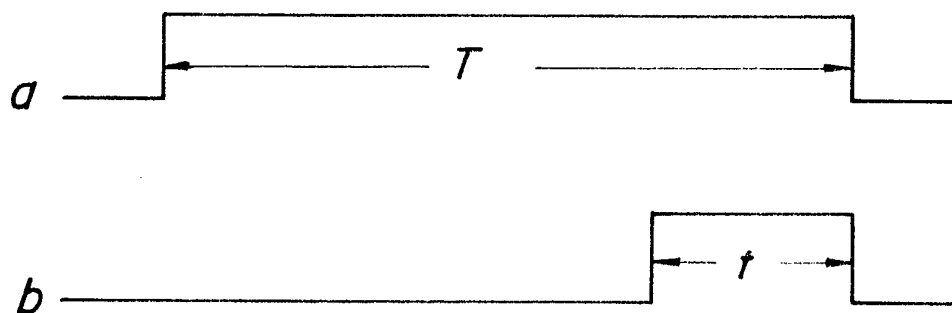


FIG. 4

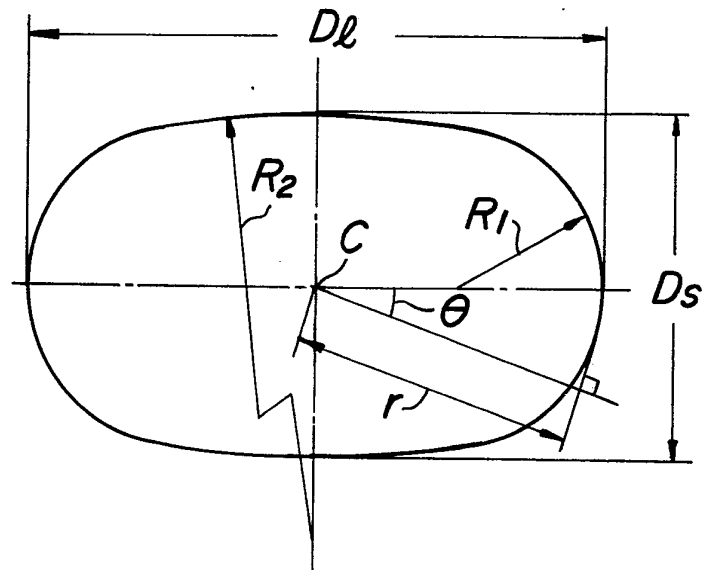


FIG. 5

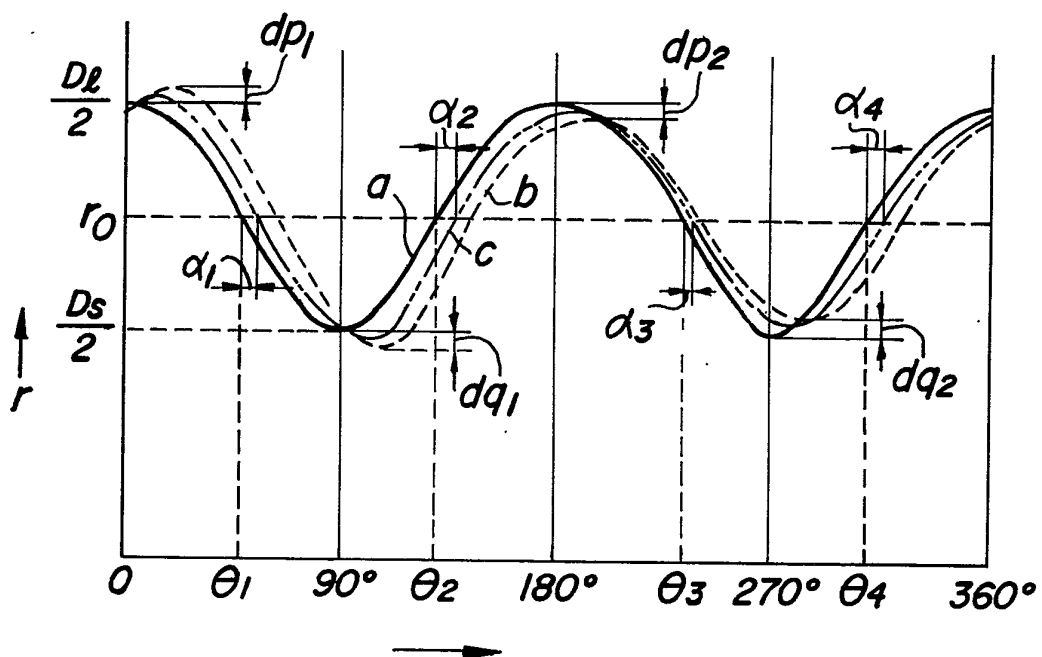


FIG. 6

