



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

PATENTSCHRIFT A5

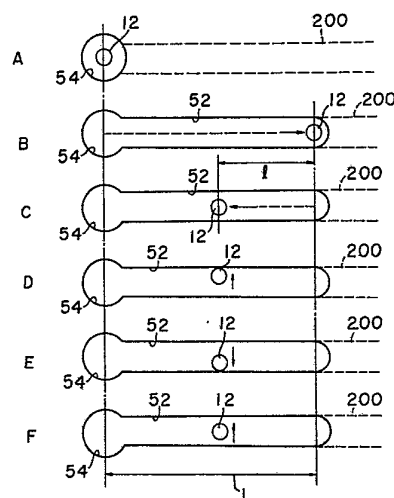
11

646 357

②① Gesuchsnummer: 4885/80	⑦③ Inhaber: Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha, Chiyoda-ku/Tokyo (JP)
②② Anmeldungsdatum: 25.06.1980	
③③ Priorität(en): 26.06.1979 JP 54-80530 26.06.1979 JP 54-80531	⑦② Erfinder: Yoshifumi, Nanasawa, Nagoya-shi/Aichi-ken (JP) Kazuhiko, Kobayashi, Nagoya-shi/Aichi-ken (JP)
②④ Patent erteilt: 30.11.1984	
④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 30.11.1984	⑦④ Vertreter: A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG, Patentanwälte, Basel

⑤④ Schneiddraht-Elektroerosionsverfahren.

⑤⑦ Es wird ein Schneiddraht-Elektroerosionsverfahren beschrieben, bei dem ein Werkstück durch Relativbewegung zwischen dem Werkstück und der Drahtelektrode eine gewünschte Konfiguration erhält. In einem Abfallbereich des Werkstücks ausserhalb der Werkstückskonfiguration wird zunächst ein Schnitt (52) ausgeführt und dieser wird gestoppt. Dann wird die Drahtelektrode (12) von der Stopp-Position in den Bearbeitungsschlitz um eine vorbestimmte Strecke (l) rückwärtsverschoben. Danach wird die Drahtelektrode (12) senkrecht zur Verarbeitungsrichtung verschoben, bis sie in Kontakt mit dem Werkstück gelangt. Hierdurch wird die Entladungsspaltweite gemessen. Hieraus wird sodann der Grad der Versetzung der Drahtelektrode relativ zur gewünschten Konfiguration ermittelt.



PATENTANSPRÜCHE

1. Schneiddraht-Elektroerosionsverfahren zur Erzeugung einer gewünschten Werkstückkonfiguration durch Relativbewegung zwischen dem Werkstück und einer Drahtelektrode, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schnitt in einem Abfallbereich des Werkstücks ausserhalb der Werkstückkonfiguration ausgeführt wird und gestoppt wird, worauf die Drahtelektrode um einen vorbestimmten Abstand rückwärtsverschoben wird und sodann in einer Richtung senkrecht zur Bearbeitungsrichtung verschoben wird, bis die Drahtelektrode die Wandung des Werkstücks berührt, worauf aus der gemessenen Spaltweite der Betrag der Versetzung der Drahtelektrode relativ zur gewünschten Werkstückkonfiguration errechnet wird.

2. Schneiddraht-Elektroerosionsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schnitt in einem Abfallbereich des Werkstücks als Zugangsschnitt von einer Bohrung zur Initiierung der Bearbeitung bis zur Werkstückkonfiguration ausgeführt wird.

3. Schneiddraht-Elektroerosionsverfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Messung der Entladungsspaltweite mehrmals in verschiedenen Positionen des Werkstückabfallbereichs durchgeführt wird.

4. Schneiddraht-Elektroerosionsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Versetzungsgrad der Drahtelektrode durch automatische Folgesteuerung nach einem vorbestimmten Programm ermittelt wird.

5. Schneiddraht-Elektroerosionsverfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Drahtelektrode zur Messung der Entladungsspaltweite in einer Richtung senkrecht zur Arbeitsrichtung hin- und herverschiebbar wird, bis die Drahtelektrode die beiden Wandungen des Bearbeitungsschlitzes berührt, worauf der Versetzungsgrad der Drahtelektrode automatisch aus der ermittelten Entladungsspaltweite und dem Durchmesser der Drahtelektrode errechnet wird.

Die Erfindung betrifft ein Schneiddraht-Elektroerosionsverfahren, und zwar ein verbessertes Verfahren zur Bestimmung des Abstands der Drahtelektrode vom Werkstück.

Es ist bekannt, Werkstücke durch Elektroerosion mit Hilfe eines Schneiddrahts zu beliebigen gewünschten Konfigurationen zu formen, indem man das Werkstück relativ zur Drahtelektrode bewegt. Dabei kann man insbesondere komplizierte Konfigurationen mit hoher Genauigkeit verwirklichen.

Fig. 1 zeigt eine Ausführungsform einer herkömmlichen Schneiddraht-Elektroerosionseinrichtung mit einer Drahtelektrode 12 und einem Werkstück 10, wobei eine Arbeitsflüssigkeit 14 von einem Tank 16 über eine Pumpe 18 und eine Düse 20 in den Arbeitsbereich injiziert wird. Zur Ausführung der Relativbewegung zwischen dem Werkstück 10 und der Drahtelektrode 12 entlang der gewünschten Konfiguration dient ein Haltetisch 22 für das Werkstück 10, welcher zweidimensional in der X-Y-Ebene durch einen X-Achsenmotor 24 und einen Y-Achsenmotor 26 bewegt werden kann. Ein Steuersignal gelangt von einer Steuereinrichtung 28 zu den Motoren 24, 26 und die Relativbewegung des Werkstücks 10 und der Drahtelektrode 12 wird hierdurch derart gesteuert, dass die gewünschte Konfiguration verwirklicht wird. Bei der Steuereinrichtung 28 kann es sich um

eine numerische Steuereinrichtung handeln oder um eine Kopiersteuerungseinrichtung oder einen Computer. Die Drahtelektrode 12 wird von einer Drahtvorratsspule 30 abgenommen und über eine Stromzuführungseinrichtung 32 und eine obere Drahtführung 34 dem Werkstück zugeführt und auf der anderen Seite über eine untere Drahtführungseinrichtung 36 auf eine Zugkraft ausübende Drahtaufwickelspule 38 aufgewickelt. Die elektrische Entladungsenergie wird von einer Stromquelle 40 dem Arbeitsspalt zwischen Werkstück 10 und Drahtelektrode 12 zugeführt. Die Stromquelle 40 umfasst eine Gleichstromquelle 42, ein Schaltelement 44, z.B. einen Transistor; einen Kondensator 46 und einen Widerstand 48 für die Aufladung sowie eine Einrichtung 50 zur Steuerung des Schaltelements. Die Ausgangsspannung der Stromquelle wird der Stromzuführungseinrichtung 32 zugeführt.

Fig. 2 zeigt die Wellenform der Impulse des Schaltelements 44 mit einem Strommaximum I_p , einer Impulsbreite τ_p und einer Impulspause τ_r . Die elektrische Entladung findet in dem Spalt zwischen dem Werkstück 10 und der Drahtelektrode 12 statt und das Werkstück 10 wird zu der gewünschten Konfiguration geschnitten.

Fig. 3 zeigt eine Arbeitsnut 52 mit einer Breite, welche durch die Bearbeitungsbedingungen bestimmt wird. Zur Erzielung einer präzisen Werkstückkonfiguration ist es erforderlich, die Relativbewegung zwischen Werkstück 10 und Drahtelektrode 12 in Abhängigkeit von der Spaltweite zu steuern. Bei der Relativbewegung zwischen Drahtelektrode 12 und Werkstück 10 sollte die Steuerung dabei so vorgenommen werden, dass die Drahtelektrode 12 um einen bestimmten Versetzungsbetrag relativ zur gewünschten Konfiguration des Werkstücks versetzt ist. Man erkennt aus Fig. 3, dass dieser Versetzungsgrad vom Radius der Drahtelektrode 12 und vom Entladungsspalt G abhängt. Der Durchmesser der Drahtelektrode 12 liegt gewöhnlich im Bereich von etwa 0,05 bis 0,3 mm. Der genaue Durchmesser hängt von der Art der Drahtelektrode 12 ab. Der Entladungsspalt G variiert nun sehr stark mit dem Spitzenwert der Gleichspannung I_p , der Impulslänge τ_p und der Impulspause τ_r gemäss Fig. 2 sowie mit den elektrischen Bearbeitungsbedingungen, z.B. der Spaltspannung im Arbeitsspalt; dem spezifischen Widerstand der Arbeitsflüssigkeit, der Art und Dicke des Werkstücks 10 und verschiedenen mechanischen Bedingungen, z.B. der Vorschubgeschwindigkeit. Bei Fluktuation dieser Bedingungen während der Bearbeitung kommt es zu einer Änderung des Entladungsspalt G. Es ist äusserst schwierig, den Versetzungsgrad der Drahtelektrode präzise in Abhängigkeit von dem variablen Entladungsspalt G einzustellen. Diese Schwierigkeit hat bisher die Erzielung äusserst genauer Werkstückkonfigurationen mit herkömmlichen Maschinen verhindert. Bei herkömmlichen Maschinen wird zunächst eine Testbearbeitung vor jeder eigentlichen Hauptbearbeitung eines Werkstücks zu einer gewünschten Werkstückkonfiguration durchgeführt. Der Entladungsspalt G wird dabei zum Zwecke der Ermittlung des Versetzungsgrades gemessen. Diese bekannten Verfahren erfordern komplizierte Testbearbeitungen und die Errechnung des Versetzungsgrades erfordert eine lange Zeitdauer. Wegen der unvermeidlichen individuellen Abweichungen kann man mit diesen Verfahren keine hohe Genauigkeit erzielen.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die genannten Schwierigkeiten zu überwinden und ein verbessertes Schneiddraht-Elektroerosionsverfahren zu schaffen, bei dem der Versetzungsgrad auf einfache Weise präzise ermittelt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch ein Schneiddraht-Elektroerosionsverfahren gelöst, bei dem ein Zugangsschnitt im Werkstück ausserhalb der Werkstücks-

konfiguration ausgeführt wird und unterbrochen wird. Sodann wird die Drahtelektrode um einen vorbestimmten Abstand von der Stopp-Position rückwärtsbewegt. Dann wird die Drahtelektrode in einer zur Arbeitsrichtung senkrechten Richtung verschoben, bis ein Kontakt zwischen der Drahtelektrode und der Wandung des Werkstücks hergestellt wird. Dabei wird der Entladungsspalt gemessen. Hieraus wird der Versetzungsgrad errechnet. Der Versetzungsgrad wird gemäss einem vorbestimmten Programm mit einer automatischen Folgesteuereinrichtung errechnet.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert; es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer Einrichtung zur Durchführung eines herkömmlichen Schneiddraht-Elektroerosionsverfahrens;

Fig. 2 die Wellenform der Ausgangsimpulse der Stromversorgungseinrichtung gemäss Fig. 1;

Fig. 3 eine vergrösserte Teilansicht der Konfiguration des durch eine Drahtelektrode ausgebildeten Bearbeitungsschlitzes;

Fig. 4 eine Draufsicht eines Beispiels eines nach dem erfindungsgemässen Verfahren hergestellten Werkstücks;

Fig. 5 Stufen des erfindungsgemässen Verfahrens;

Fig. 6 eine Stufe der Messung des Entladungsspalt bei dem Verfahren gemäss Fig. 5;

Fig. 7 eine Ausführungsform des erfindungsgemässen Werkstückbearbeitungsverfahrens;

Fig. 8 bis 10 nach dem erfindungsgemässen Verfahren hergestellte Werkstücke; und

Fig. 11 eine vergrösserte Teilschnittansicht der Konfiguration eines Bearbeitungsschlitzes.

Fig. 4 zeigt die Konfiguration eines Werkstücks 10, welches nach dem erfindungsgemässen Verfahren hergestellt werden kann. Das Werkstück 10 erhält eine Ausnehmung mit einer hexagonalen Konfiguration entlang der Linie 100. Ein Werkstück mit einer solchen hexagonalen Ausnehmung dient als Form. Erfindungsgemäss ist es nicht erforderlich, die herkömmliche Testbearbeitung zur Ermittlung der Versetzung durchzuführen. Der Versetzungsgrad kann während des Zugangsschnittes vor der eigentlichen Hauptbearbeitung des Werkstücks unter Ausbildung der gewünschten Werkstückkonfiguration 100 ermittelt werden. Bei der Ausführungsform gemäss Fig. 4 wird zunächst eine Bohrung 54 im Werkstück ausgebildet. Sodann erfolgt ein Zugangsschnitt 200, bei dem die Drahtelektrode 12 von der Bohrung 54 zur Werkstückkonfiguration 100 geführt wird. Während dieses Zugangsschnittes wird der Versetzungsgrad der Drahtelektrode präzise ermittelt.

Fig. 5 zeigt verschiedene Stufen des erfindungsgemässen Verfahrens zur Ermittlung des Versetzungsgrades der Drahtelektrode. Gemäss Fig. 5a wird die Drahtelektrode 12 in die Bohrung 54 des Werkstücks eingeführt, bevor der Zugangsschnitt entlang des mit gestrichelten Linien angedeuteten Schlitzes 200 ausgeführt wird. Gemäss Fig. 5b wird der Zugangsschnitt gestoppt, sobald die Drahtelektrode 12 sich um eine ausreichende Strecke des Zugangsschnitts vorwärtsbewegt hat. Während dieses Zugangsschnittes von der in Fig. 5a gezeigten Position zu der in Fig. 5b gezeigten Position stellen sich stabile elektrische Entladungsbedingungen ein. Die Drahtelektrode 12 wird nun um einen vorbestimmten Abstand 1 in den Bearbeitungsschlitz rückwärtsbewegt, wie dies in Fig. 5c gezeigt ist. Die Drahtelektrode entfernt sich dabei von der Stopp-Position des Zugangsschnitts gemäss Fig. 5b. Nun wird die Drahtelektrode 12 in einer Richtung senkrecht zur Arbeitsrichtung des Zugangsschnitts bewegt, und zwar in der in Fig. 5c gezeigten Position. Die Verschiebung in der senkrechten Richtung wird fortgesetzt, bis die Drahtelektrode 12 die Wandung des Werkstücks 10 berührt.

Hierdurch wird die Weite des Entladungsspalt gemessen. Gemäss Fig. 5d wird die Drahtelektrode 12 nach oben verschoben, bis sie in Kontakt mit der Wandung des Arbeitsschlitzes 52 gelangt. Gemäss Fig. 5e wird die Drahtelektrode 12 nun abwärts verschoben, bis sie in Kontakt mit der gegenüberliegenden Wand des Arbeitsschlitzes gelangt. Fig. 6 zeigt eine vergrösserte Darstellung des Messbereichs. Das Zentrum der Drahtelektrode 12 wird gemäss der Pfeillinie Z aufwärts- und abwärtsverschoben und der Verschiebungsabstand δ des Zentrums der Drahtelektrode 12 wird gemessen. Hieraus errechnet sich der Entladungsspalt G gemäss der Formel $\sigma/2$. Der Versetzungsgrad der Drahtelektrode 12 kann aus dem Entladungsspalt und dem Durchmesser der Drahtelektrode 12 errechnet werden. Die obigen Stufen werden unter automatischer Folgesteuerung gemäss einem in einem Computer der Steuereinrichtung 28 gespeicherten Programm durchgeführt. Erfindungsgemäss werden dabei die Unterbrechung des Zugangsschnittes, die Rückwärtsverschiebung der Drahtelektrode 12 und die Messung des Entladungsspalt durch Kontaktieren der Drahtelektrode 12 mit den Wandungen des Werkstückes 10 sowie die Errechnung des Versetzungsgrades automatisch durchgeführt.

Nach der Berechnung des Versetzungsgrades wird die Drahtelektrode 12 gemäss Fig. 5f wieder zur Mittelposition zurückbewegt, und sodann wird die Drahtelektrode wiederum im Zugangsschlitz 200 vorwärtsbewegt und die Bearbeitung wird wiederum gestartet und der Zugangsschnitt wird weitergeführt, bis die Drahtelektrode einen Abstand von der gewünschten Werkstückkonfiguration 100 einnimmt, welcher dem errechneten Versetzungsgrad entspricht.

Bei der obigen Ausführungsform wird der Entladungsspalt nur an einer Stelle des Zugangsschnittes 200 gemessen. Es ist jedoch bevorzugt, die Entladungsspalte mehrmals in verschiedenen Positionen im Zugangsschnittbereich L zu ermitteln.

Das erfindungsgemässe Verfahren kann mit einer numerischen Steuerungseinrichtung durchgeführt werden. Im folgenden sollen die Befehle des numerischen Steuerbandes anhand der Fig. 7 erläutert werden.

N001G90 – Absolutwertsbefehl (N001: Folgezahl)

N002G92Xx0Yy0 – Koordinatenursprung im Punkt P₀

N003G1Xx1Yy1 – lineare Verschiebung zum Punkt P₁ (stabile Elektroerosion)

N004M00 – Programmstopp: Bearbeitungsunterbrechung

N005G42Xx2Yy2 – lineare Verschiebung zu P₄ nach Ermittlung des Versetzungsgrades

N006G1Xx3Yy3 – lineare Verschiebung zu P₅.

Bei obigem Programm wird der Versetzungsgrad auf manuelle Weise ermittelt. Zum Zeitpunkt des Programmstopps wird die Drahtelektrode um einen vorbestimmten Abstand 1 gemäss Fig. 7 manuell rückwärts verschoben. In der nun erreichten Position wird die Drahtelektrode senkrecht zur Bearbeitungsrichtung verschoben, um die Weite des Entladungsspalt zu messen. Der Messwert wird in die numerische Steuerungseinrichtung eingegeben und die Berechnung des Versetzungsgrades wird automatisch durchgeführt. Auf diese Weise kann das erfindungsgemässe Verfahren leicht durchgeführt werden, indem man die Folgesteuerung mit der numerischen Steuerung kombiniert.

Das erfindungsgemässe Verfahren kann jedoch auch mit Hilfe eines NC-Bandes mit der numerischen Steuerungseinrichtung durchgeführt werden. Dabei werden die folgenden Befehle vorgesehen:

N001G90 – Absolutwertbefehl (N001: Folgeziffer)

N002G92Xx0Yy0 – Koordinatenursprung des Punktes P₀

N003G42Xx2Yy2 – lineare Verschiebung zu P_4 nach Ermittlung des Versetzungsgrades

N004G1Xx3Yy3 – lineare Verschiebung zum Punkt P_5 .

Wenn der Befehl N003G42Xx2Yy2 gegeben wird, so erfolgt die automatische Folgesteuerung mit dem Computer der numerisch gesteuerten Einrichtung und die Drahtelektrode wird automatisch zu den Koordinaten des Punktes P_1 verschoben. Sodann wird die Drahtelektrode automatisch um einen vorbestimmten Abstand 1 rückwärtsverschoben. Der Versetzungsgrad wird in dieser Position automatisch gemessen. Danach wird die Elektroerosionsbearbeitung in Abhängigkeit von dem ermittelten Versetzungsgrad durchgeführt. Erfindungsgemäss kann die Ermittlung des Versetzungsgrades automatisch mit Hilfe eines einfachen, numerischen Steuerstreifens durchgeführt werden.

Fig. 8 zeigt eine weitere Konfiguration des Werkstücks 10 für die Ermittlung des Versetzungsgrades. Dabei erhält das Werkstück 10 eine hexagonale Ausnehmung 100; es dient als Form. Die Bohrung 54 wird innerhalb der hexagonalen Konfiguration 100 ausgebildet und der Zugangsschnitt 200 wird von dieser Bohrung 54 bis zur Linie der Werkstückkonfiguration 100 ausgeführt. Bei der Ausführungsform gemäss Fig. 8 dient der Zugangsschnitt 200 dem gleichen Zweck wie bei der Ausführungsform gemäss Fig. 4. Während des Zugangsschnittes wird der Versetzungsgrad in der beschriebenen Weise automatisch durchgeführt.

Die Ausführung des Zugangsschnittes ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsformen beschränkt. Insbesondere muss die Ermittlung des Versetzungsgrades nicht unbedingt im Zugangsschnitt erfolgen. Vielmehr kann der Versetzungsgrad in jeder beliebigen Schnittposition in einem Ab-

4

fallbereich des Werkstücks ausserhalb der Werkstückskonfiguration erfolgen.

Gemäss den Fig. 9 und 10 können die Schnitte in den Abfallbereichen des Werkstücks jeweils in gewünschten Positionen ausserhalb der Werkstückskonfiguration des Werkstücks 10 erfolgen, derart, dass diskrete, lineare Schnittbereiche oder gekrümmte Schnittbereiche gebildet werden. Insbesondere kann der Zugangsschnitt aus mehreren diskreten Schnitten bestehen, und zwar zum Zweck der präzisen Ermittlung der Versetzungsdaten für eine zweidimensionale Bearbeitung in zwei Richtungen. Dies ist wichtig im Falle unterschiedlicher elektrischer Entladungsspalte zwischen dem Werkstück 10 und der Drahtelektrode 12 in den beiden Richtungen der X-Achse und der Y-Achse oder in den Vorwärtsrichtungen.

Im praktischen Betrieb zeigt der Bearbeitungsschlitz 52 des Werkstücks 10 gemäss Fig. 11 unterschiedliche Weiten entlang der axialen Richtung der Drahtelektrode 12. Diese unterschiedlichen Weiten des Schlitzes bleiben während der Verarbeitung im wesentlichen erhalten. Daher kann man eine stabile Bearbeitungskonfiguration mit höchster Genauigkeit erzielen, indem man die Weite des Schlitzes in einer beliebigen Position festlegt oder ermittelt.

Erfindungsgemäss ist es somit nicht erforderlich, in herkömmlicher Weise eine Testbearbeitung durchzuführen. Vielmehr kann die Ermittlung der Versetzung der Drahtelektrode mit höchster Genauigkeit in kürzester Zeit durchgeführt werden. Darüberhinaus eignet sich das erfindungsgemässe Verfahren hervorragend zur vollautomatischen Elektroerosionsbearbeitung.

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

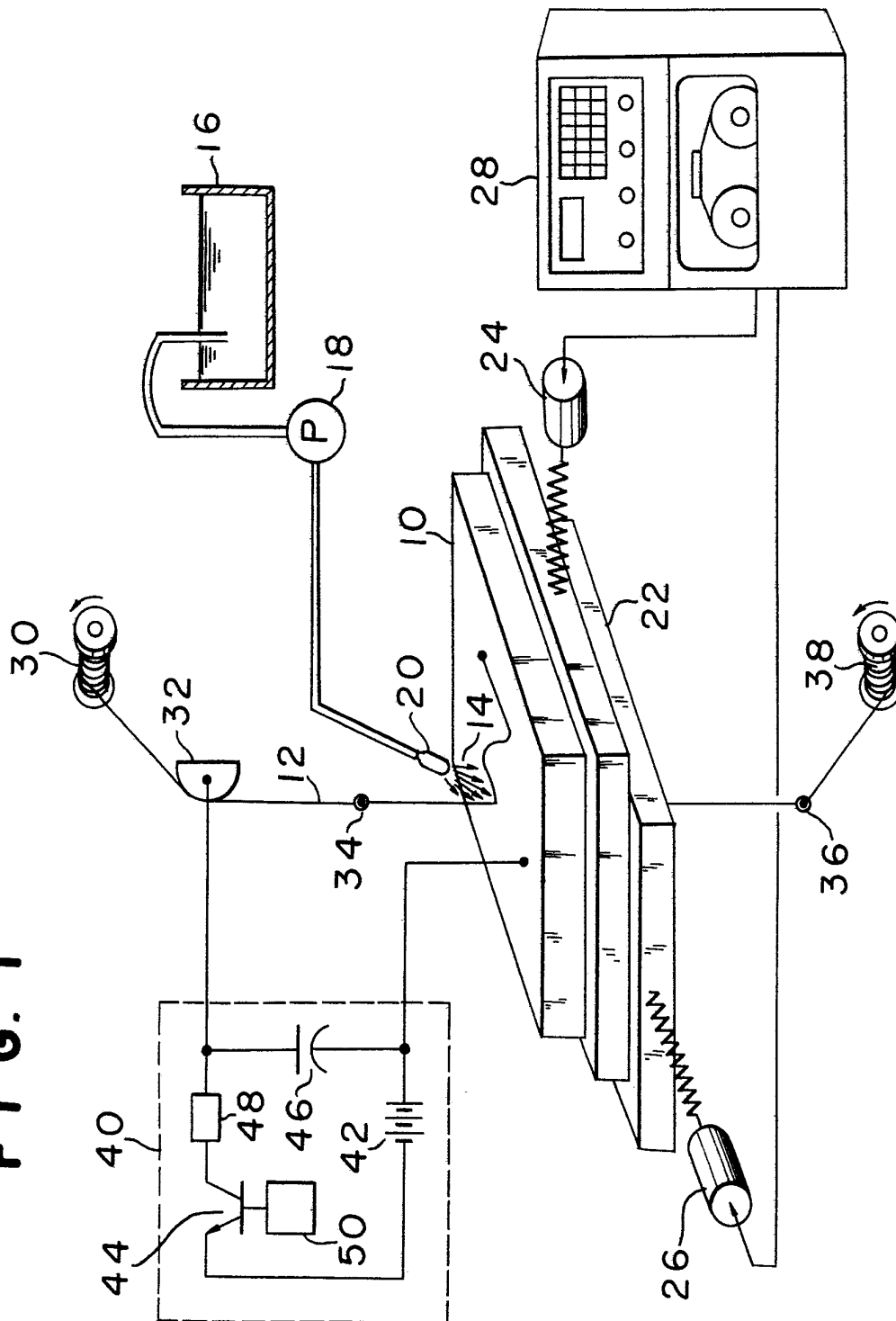


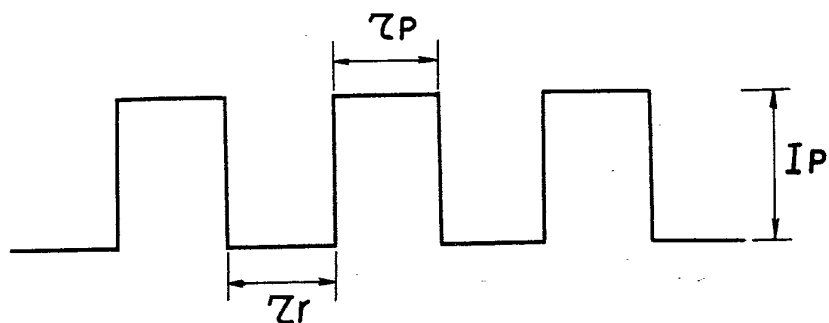
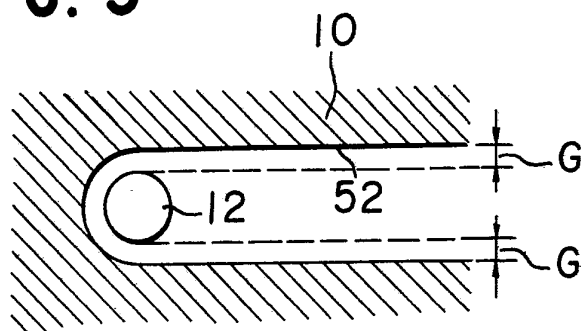
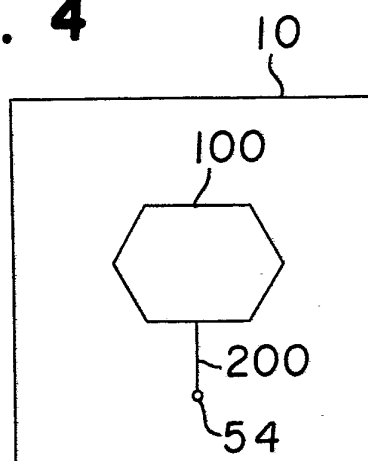
FIG. 2**FIG. 3****FIG. 4**

FIG. 5

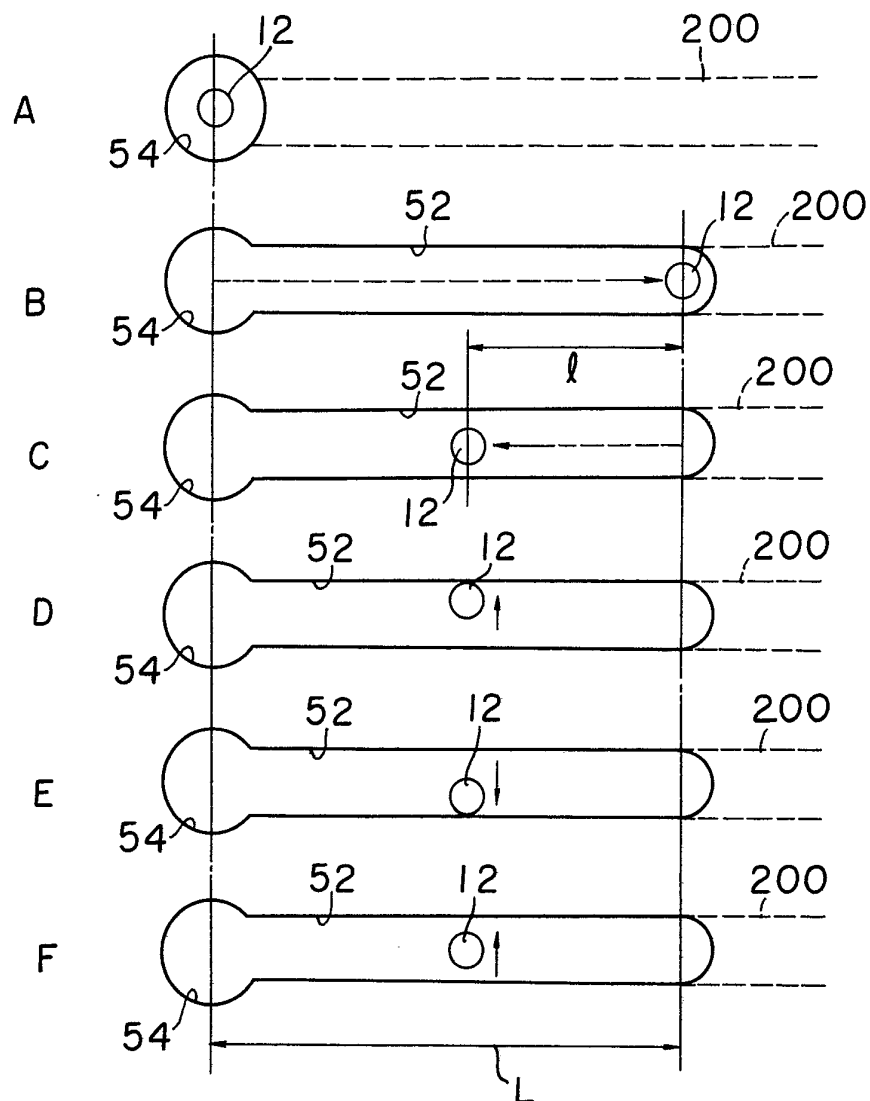


FIG. 6

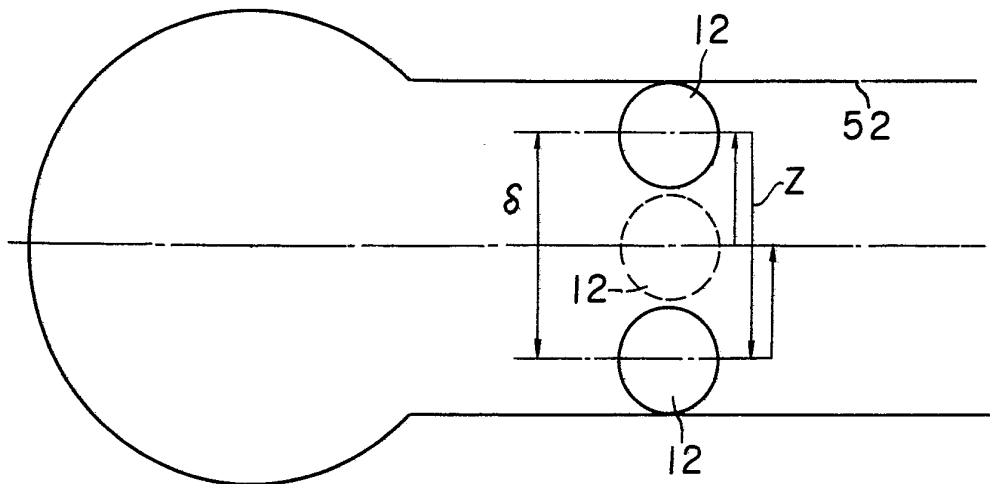


FIG. 7

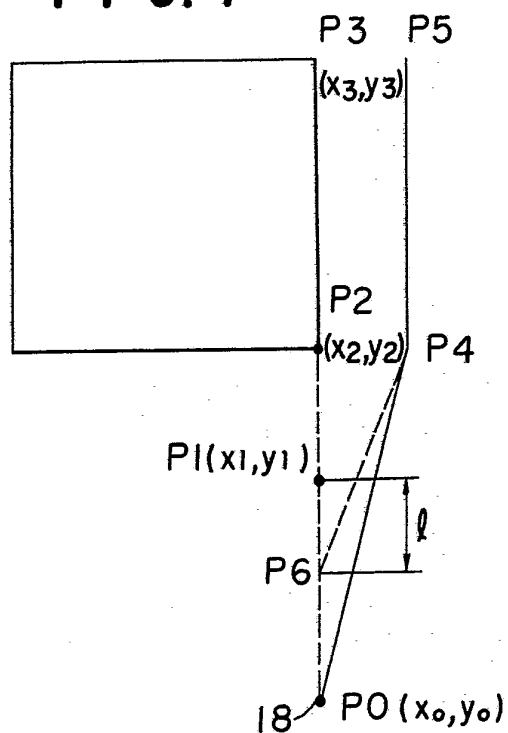


FIG. 8

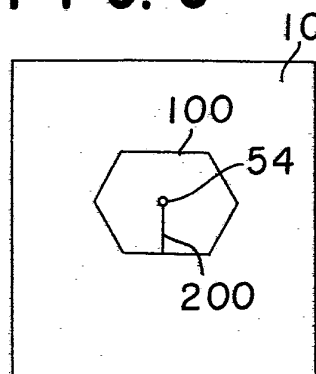


FIG. 9

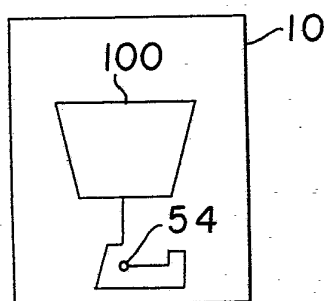


FIG. 10

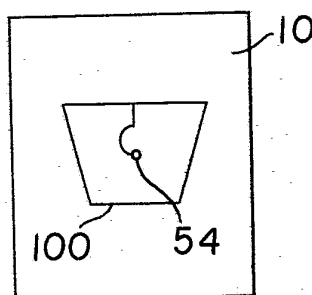


FIG. 11

