



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 656 819 A5

⑤ Int. Cl.4: B 23 H 1/02

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

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 934/82

㉒ Anmeldungsdatum: 15.02.1982

③① Priorität(en):
13.02.1981 JP 56-19712
13.02.1981 JP 56-19713
13.02.1981 JP 56-19714
13.02.1981 JP 56-19717
13.02.1981 JP 56-19715
13.02.1981 JP 56-19716

㉔ Patent erteilt: 31.07.1986

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 31.07.1986

⑦③ Inhaber:
Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha,
Chiyoda-ku/Tokyo (JP)

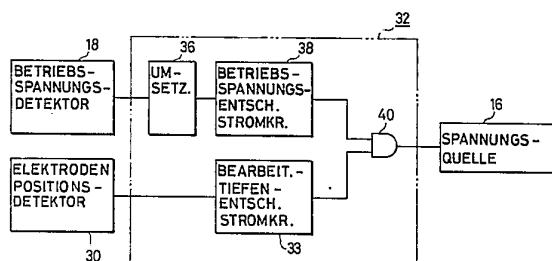
⑦② Erfinder:
Yamada, Shigeo, Nagoya-shi/Aichi (JP)
Takawashi, Tamio, Nagoya-shi/Aichi (JP)
Sakakibara, Toshimitsu, Nagoya-shi/Aichi (JP)

⑦④ Vertreter:
Bovard AG, Bern 25

⑤④ **Funkerosionsbearbeitungseinrichtung.**

⑤⑦ Mit Hilfe eines Betriebsspannungsdetektors (18) wird die an eine Elektrode und an ein zu bearbeitendes Werkstück angelegte, von einer Spannungsquelle (16) gelieferte Betriebsspannung ermittelt. Die Ausgangssignale des Betriebsspannungsdetektors (18) werden in einem Umsetzer (36) verarbeitet und einem Entscheidungsstromkreis (38) zugeführt. Diese Positionssignale gelangen zu einem Bearbeitungstiefeentscheidungsstromkreis (33), welcher ein Ausgangssignal erzeugt, wenn die grösste Bearbeitungstiefe erreicht ist. Die Ausgangssignale des Entscheidungsstromkreises (38) und des Bearbeitungstiefeentscheidungsstromkreises (33) werden einem UND-Tor (40) zugeführt, welches ein Stoppsignal erzeugt, wenn die Bedingungen für das Durchstossen der Elektrode durch das Werkstück erfüllt sind. Das Stoppsignal wird der Spannungsquelle (16) zugeleitet, um den Bearbeitungsvorgang in dem Zeitpunkt zu stoppen, in welchem die Elektrode das Werkstück durchstösst. Eine mit der oben beschriebenen Anordnung versehene Funkerosionsbearbeitungseinrichtung bearbeitet vollautomatisch und entbindet die Bedienungsperson von der Überwachung des Vorschubes

der Elektrode und des Zeitpunktes des Durchstossens der Elektrode durch das Werkstück.



PATENTANSPRÜCHE

1. Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung mit einer gegenüber einem Werkstück beweglichen Elektrode (10), einer Spannungsquelle (16) zum Anlegen einer elektrischen Betriebsspannung an die Elektrode und das Werkstück, und einer Zirkulationsvorrichtung (20, 22) zum Zuführen einer Bearbeitungslösung in den Spalt zwischen der Elektrode und dem Werkstück, gekennzeichnet durch einen Betriebsspannungsdetektor (18) zum Überwachen eines Betriebsspannungsänderungsmusters, ein Steuermittel (38) zum Vergleichen wenigstens des detektierten Betriebsspannungsänderungsmusters mit einem durch den Zeitpunkt des Durchstossens der Elektrode durch das Werkstück bestimmten und im Steuermittel gespeicherten Spannungsänderungsmuster und zum Erzeugen eines Stoppsignals für die Spannungsquelle und auf das Stoppsignal ansprechende, der Spannungsquelle zugeordnete Abschaltmittel (40) zum Beenden des Bearbeitungsvorganges in Abhängigkeit des Durchstossens der Elektrode durch das Werkstück.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuermittel (38) das Stoppsignal erzeugt, wenn das detektierte Betriebsspannungsänderungsmuster dem gespeicherten Spannungsänderungsmuster entspricht.

3. Einrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein zweites Detektormittel (26; 28; 30), das mit dem Betriebsspannungsdetektor (18) zusammenwirkt, wobei die Bestimmung des Elektrodendurchstosses aufgrund der Ausgangssignale des zweiten Detektormittels und des Betriebsspannungsdetektors erfolgt.

4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Detektormittel ein Elektrodenpositionsdetektor (30) ist, der zum Verarbeiten seines Ausgangssignales mit einem Bearbeitungstiefeentscheidungsstromkreis (33) zum Feststellen, ob ein Bearbeitungsvorgang der grössten Bearbeitungstiefe entspricht, verbunden ist und dass die Bestimmung des Elektrodendurchstosses aufgrund der Ausgangssignale des Betriebsspannungsdetektors und des Bearbeitungstiefeentscheidungsstromkreises erfolgt (Fig. 7).

5. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Detektormittel ein Elektrodenpositionsdetektor (30) ist, der zum Verarbeiten seines Ausgangssignales mit einem Elektrodenvorschubgeschwindigkeitsbestimmungsstromkreis (35) zum Feststellen, ob die Elektrodenvorschubgeschwindigkeit einen Sollwert überschreitet, verbunden ist und dass die Bestimmung des Elektrodendurchstosses aufgrund der Ausgangssignale des Betriebsspannungsdetektors und des Elektrodenvorschubgeschwindigkeitsbestimmungsstromkreises erfolgt (Fig. 9).

6. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Detektormittel ein Bearbeitungslösungsdruckdetektor (26) zum Ermitteln des Druckes in der von der Zirkulationsvorrichtung (20, 22) in den Spalt zwischen der Elektrode und dem Werkstück geförderten Bearbeitungslösung ist, dass der Druckdetektor mit einem Druckentscheidungsstromkreis (42) zum Erkennen, ob der Druck in der Bearbeitungslösung einen Sollwert unterschreitet, verbunden ist, und dass die Bestimmung des Elektrodendurchstosses aufgrund der Ausgangssignale des Betriebsspannungsdetektors und des Druckentscheidungsstromkreises erfolgt (Fig. 12).

7. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Detektormittel ein Bearbeitungslösungsströmungsdetektor (28) zum Ermitteln der Strömungsgeschwindigkeit der durch die Zirkulationsvorrichtung (20, 22) geförderten Bearbeitungslösung, dass der Strömungsdetektor mit einem Strömungsentscheidungsstromkreis (44) zum Erkennen, ob die Strömungsgeschwindigkeit einen Sollwert überschreitet, verbunden ist, und dass die Bestimmung des

Elektrodendurchstosses aufgrund der Ausgangssignale des Betriebsspannungsdetektors und des Strömungsentscheidungsstromkreises erfolgt (Fig. 15).

8. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Detektormittel ein Elektrodenpositionsdetektor (30) ist, der zum Verarbeiten seines Ausgangssignales mit einem Richtungsentscheidungsstromkreis (34) zum Feststellen der Bewegungsrichtung der Elektrode verbunden ist, und dass die Bestimmung des Elektrodendurchstosses aufgrund der Ausgangssignale des Betriebsspannungsdetektors und des Richtungsentscheidungsstromkreises erfolgt (Fig. 17).

9. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Detektormittel einen Elektrodenpositionsdetektor (30), einen Bearbeitungslösungsströmungsdetektor (28) und einen Bearbeitungslösungsdruckdetektor (26) umfasst, dass jeder dieser Detektoren mit je einem zugeordneten Entscheidungsstromkreis (33, 34, 35, 44, 42) verbunden sind, dass eine erste Torschaltung, deren Eingänge an die Ausgänge der Entscheidungsstromkreise angeschlossen sind, und eine zweite Torschaltung, deren eine Eingang an den Ausgang der ersten Torschaltung und deren andere Eingang an den Ausgang des Betriebsspannungsdetektors verbunden ist, wobei am Ausgang der zweiten Torschaltung das Stoppsignal erscheint, wenn die Bedingungen für den Elektrodendurchstoss erfüllt sind.

10. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Abschaltmittel eine Torschaltung (40) mit zwei Eingängen ist, dass der eine Eingang mit dem Ausgang des Betriebsspannungsdetektors (18) und der andere Eingang mit dem Ausgang des zweiten Detektormittels (26; 28; 30) verbunden ist, und dass die Torschaltung (40) das Stoppsignal zum Steuern der Spannungsquelle (16) erzeugt.

Die Erfindung betrifft eine Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruches 1, insbesondere zum Einarbeiten einer durchgehenden Aussparung in ein Werkstück, wobei eine Elektrode das Werkstück durchdringt und der Bearbeitungsvorgang automatisch beendet wird.

Bei einem Funkenerosionsbearbeitungsvorgang wird ein zu bearbeitendes Werkstück mittels einer Elektrode bearbeitet, wobei zwischen dem Werkstück und der Elektrode ein Spalt vorhanden ist, in demselben eine elektrische Entladung auftritt und eine Bearbeitungslösung in den Spalt eingeführt wird, um das Werkstück zu bearbeiten. Wenn mit Hilfe einer Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung eine Aussparung in ein Werkstück eingearbeitet werden soll, kann beispielsweise eine Matrize mit gewünschter Form mit hoher Genauigkeit hergestellt werden. Deshalb ist diese Bearbeitungsmethode zum Formen von verschiedenen Metallen und anderen Giessformen geeignet. Das bekannte Verfahren zum Formen einer Aussparung in ein Werkstück mit Hilfe einer bekannten Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung weist in den nachstehend angeführten Punkten Nachteile auf: der Zeitpunkt in dem das Ende der Elektrode das Werkstück durchdringt, kann nicht automatisch festgestellt werden. Dementsprechend wird, wenn die Aussparung in dem Werkstück geformt wurde, die Elektrode weiterbewegt, um den Funkenerosionsbearbeitungsfortgang fortzusetzen. Das Resultat davon ist, dass die Bearbeitungszeit unnötig erhöht und der Abgradschnitt übermässig bearbeitet wird, d. h. die Bearbeitungsgenauigkeit wird merklich verringert. Darüberhinaus war es bis anhin notwendig, das Durchdringen der Elektrode

durch Setzen der Vorschubbewegung der Elektrode zu bestimmen oder die Bedienungsperson musste die Bewegung der Elektrode während dem Bearbeitungsvorgang genau überwachen.

Die Fig. 1 zeigt eine bekannte Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung. Eine Elektrode 10 liegt einem Werkstück 12 gegenüber, wobei sich zwischen der Elektrode 10 und dem Werkstück ein Spalt befindet. Die Elektrode 10 und das Werkstück 12 befinden sich in einem Bearbeitungsbehälter 14. Mittels einer Spannungsquelle 16 wird eine Betriebsspannung an das Werkstück 12 und die Elektrode 10 angelegt. Die Betriebsspannung wird entsprechend einem durch einen Betriebsspannungsdetektor 18 festgestellten Detektionswert eingestellt, so dass die Funkenerosionsbearbeitung unter Konstanthaltung der Breite des Spaltes ausgeführt wird. Die Bearbeitungslösung wird von einem Vorratsbehälter 20 mittels einer Pumpe 22 in den Bearbeitungsbehälter gefördert. Während diesem Vorgang wird der Druck der Bearbeitungslösung durch ein Druckventil überwacht, das seinerseits mittels einem Druckmesser 24 gesteuert wird. Die bekannte Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung ist so aufgebaut, dass, wenn der Spalt zwischen der Elektrode 10 und dem Werkstück 12 auf einem konstanten Wert gehalten wird, dass die Elektrode 10 in der Bearbeitungsrichtung (in der Fig. 1 nach unten) bewegt wird, so dass eine Aussparung oder ein durchgehendes Loch in das Werkstück 12 durch die in dem Spalt stattfindenden elektrischen Entladungen gebildet wird.

Mit der oben beschriebenen bekannten Einrichtung wird die Elektrode 10, nachdem sie das Werkstück 12 durchdrungen hat, in der Bearbeitungsrichtung (in der Fig. 1 nach unten) weiterbewegt. Dementsprechend ist es notwendig, dass die Bedienungsperson die Position der Elektrode 10 relativ zum Werkstück 12 zu jeder Zeit überwacht, d. h. die Bedienungsperson muss die Geschwindigkeit der Bewegung der Elektrode 10 mit einer nicht dargestellten Messuhr oder etwas ähnlichem überwachen, so dass die Elektrode 10 gestoppt wird, wenn das Werkstück vollständig bearbeitet ist. Dieser Vorgang ist zweifellos mühsam. Andererseits wurde für den Fall, wenn die Energieaufnahme der Elektrode 10 (oder der Betrag der Vorwärtsbewegung der Elektrode 10) ungefähr im voraus bekannt ist, ein Verfahren angewendet, wobei eine mit der Bewegung der Elektrode 10 zusammenwirkende Messuhr in Kombination mit einem Begrenzungsschalter verwendet wird, so dass, wenn die Elektrode 10 um eine bestimmte Strecke vorwärtsbewegt worden ist, die Bearbeitung automatisch beendet wird.

Wie oben beschrieben muss die Bedienungsperson bei der bekannten Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung die Lage der Elektrode 10 bezüglich des Werkstückes 12 zu allen Betriebszeiten überwachen, so dass sie feststellen kann, wenn die Elektrode 10 das Werkstück 12 durchstösst, um dann den Bearbeitungsvorgang zu stoppen. Daher ist der Bearbeitungsvorgang umständlich und mühsam und es ist schwierig, den Vorschub der Elektrode 10 auf einem konstanten Wert zu halten. Weiter weist die bekannte Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung Nachteile auf, in dem Fall, wenn mit einer dünnen Elektrode ein durchgehendes Loch in das Werkstück geformt werden soll, die Elektrode in Abhängigkeit des Vorschubes der Elektrode vibriert, nachdem sie das Werkstück durchstossen hat, d. h., die Elektrode wird nicht geradeaus bewegt nach dem Durchstossen des Werkstückes, was sich nachteilig auf die Form des so gebildeten Loches auswirkt.

Falls die Energieaufnahme (oder die Vorschubstrecke) der Elektrode 10 wie oben angeführt im voraus bekannt ist, so kann der Bearbeitungsvorgang einigermaßen automatisch beendet werden durch Verwendung einer Messuhr, die

mit dem Vorschub der Elektrode zusammenwirkt und einem nicht dargestellten Begrenzungsschalter. Die Elektrode wird jedoch während dem Bearbeitungsvorgang stark abgenützt und es ist schwierig, im voraus den Betrag der Energieaufnahme (oder Vorschub) der Elektrode 10 zu bestimmen.

Um festzustellen, wenn die Elektrode das Werkstück durchstossen hat, um den Bearbeitungsvorgang zu beenden, muss die Bedienungsperson, wie oben beschrieben, mühsame Arbeit leisten, wodurch die Arbeitswirksamkeit herabgesetzt wird und es schwierig ist, eine automatische Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung vorzusehen.

Es ist Aufgabe der Erfindung, die oben beschriebenen Nachteile der bekannten Funkenerosionsbearbeitungseinrichtungen zu beseitigen und eine Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung zu schaffen, durch welche der Zeitpunkt des Durchstossens einer Elektrode durch ein Werkstück festgestellt und automatisch der Bearbeitungsvorgang beendet wird.

Diese Aufgabe wird durch eine Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung gelöst, deren Merkmale im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 angeführt sind.

Zum Ermitteln des Elektrodendurchbruches können verschiedene Faktoren verwendet werden, wie die Elektrodenvorschubgeschwindigkeit und/oder -richtung, der Druck und/oder die Strömungsgeschwindigkeit der Bearbeitungslösung und die Bearbeitungstiefe, insbesondere die grösste Bearbeitungstiefe.

Die Erfindung ist nachstehend mit Bezugnahme auf die Zeichnungen beispielsweise näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 die schematische Darstellung einer bekannten Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung,

Fig. 2 die schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung,

Fig. 3 die graphische Darstellung von Ausgangssignalen bei unterschiedlichen Arbeitsbedingungen,

Fig. 4 ein Blockschema eines Detektionsstromkreises der Einrichtung gemäss der Fig. 2 zum Feststellen, wenn die Elektrode das Werkstück durchstösst,

Fig. 5 die schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemässen Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung, welche zusätzliche Durchdringungsdetektionsmittel enthält,

Fig. 6 die graphische Darstellung zur Erläuterung verschiedener Ausgangssignale während unterschiedlichen Operationsvorgängen,

Fig. 7 das Blockschema eines Stromkreises der in der Einrichtung gemäss der Fig. 5 verwendet wird,

Fig. 8 die graphische Darstellung von Ausgangssignalen, die von einem dritten Ausführungsbeispiel stammen,

Fig. 9 das Blockschema eines Stromkreises, der im dritten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung verwendet wird,

Fig. 10 die schematische Darstellung eines vierten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemässen Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung, welche einen Druck als Parameter verwendet,

Fig. 11 die schematische Darstellung von Ausgangssignalen der Einrichtung gemäss der Fig. 10,

Fig. 12 das Blockschema eines Stromkreises, der in der Einrichtung gemäss der Fig. 7 verwendet wird,

Fig. 13 die schematische Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels der erfindungsgemässen Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung,

Fig. 14 die graphische Darstellung von Ausgangssignalen, die während verschiedenen Bearbeitungsvorgängen auftreten,

Fig. 15 das Blockschema eines Stromkreises, der in der Einrichtung gemäss der Fig. 13 verwendet wird,

Fig. 16 die graphische Darstellung von Ausgangssignalen, die in einem noch weiteren Ausführungsbeispiel auftreten,

Fig. 17 das Blockschema eines Stromkreises, der in dem Ausführungsbeispiel gemäss der Fig. 16 verwendet wird,

Fig. 18 zeigt die schematische Darstellung der Kombination von verschiedenen Ausführungsformen der erfindungsgemässen Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung, wobei verschiedene Parameter der vorangehenden Ausführungsbeispiele ausgenutzt werden,

Fig. 19 die graphische Darstellung von Ausgangssignalen, die in dem Ausführungsbeispiel gemäss der Fig. 18 auftreten, und

Fig. 20 das Blockschema eines Stromkreises, der in dem Ausführungsbeispiel gemäss der Fig. 18 verwendet wird.

Nachstehend werden mit Bezug auf die Zeichnungen verschiedene Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben.

Die Fig. 2 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung. In der Fig. 2 sind jene Komponenten, welche die gleichen Funktionen ausüben wie die vorangehend mit Bezug auf die Fig. 1 beschriebenen Komponenten mit gleichen Bezugszeichen versehen und auf eine detaillierte Beschreibung dieser Komponenten wird verzichtet.

Ausgehend von der Tatsache, dass, wenn während dem Bearbeitungsvorgang verschiedene Bearbeitungszustände elektrisch festgestellt werden, diese Bearbeitungszustände spezielle Charakteristiken aufweisen, wenn die Elektrode das Werkstück durchstösst und deshalb das Durchstossen der Elektrode automatisch aus diesen Charakteristiken abgeleitet werden kann, wurde die erfindungsgemässe Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung entwickelt. Zu diesem Zwecke wurde das Betriebsspannungsmuster entweder allein oder in Kombination mit anderen Faktoren ausgewählt.

Das Durchdringen der Elektrode kann, wie oben beschrieben, durch Überwachen der Änderung des Betriebsspannungsmusters festgestellt werden. Um die Betriebsspannungsänderungen elektrisch festzustellen, wird ein Betriebsspannungsdetektor 18, ein Umsetzer 36 und ein die Änderung des Betriebsspannungsmuster überwachender Entscheidungsstromkreis 38 verwendet, siehe Fig. 4. Die Änderungen des Betriebsspannungsmusters umfassen verschiedene Bearbeitungszustände (Leerlauf-, Bearbeitungs-, Kurzschluss- und Durchstossbedingungen) und die entsprechenden Ausgangssignale sind in der Fig. 3 dargestellt. In diesem Ausführungsbeispiel treten drei verschiedene Arten von Ausgangssignalen auf, d. h. Hochpegelsignale «H» und Niederpegelsignale «L».

Der Betriebsspannungsdetektor 18 stellt eine durchschnittliche Spannung über dem Bearbeitungsspalt fest, welche Durchschnittsspannung die Betriebsspannung ist. Die so festgestellte Betriebsspannung wird einer gewünschten Umsetzung im Umsetzer 36 unterworfen und dann dem Entscheidungsstromkreis 38 zugeführt. Eine Anzahl von Änderungen des Betriebsspannungsmusters ist in dem Entscheidungsstromkreis 38 gespeichert. Die zugeführten Änderungen des Betriebsspannungsmusters werden mit den gespeicherten Änderungen der Betriebsspannungsmuster verglichen und ein entsprechendes «H»- oder «L»-Signal wird durch den Entscheidungsstromkreis 38 ausgegeben. Diese Ausgangssignale entsprechen den Änderungen des Betriebsspannungsmusters während den verschiedenen Bearbeitungszuständen, die nachstehend beschrieben sind.

Während der Leerlaufbedingung, in welcher die Elektrode 10 sich der Bearbeitungsstellung gegenüber dem Werkstück 12 nähert, bevor die Bearbeitung ausgeführt wird, ist

die Elektrode 10 gegenüber dem Werkstück noch entfernt und dementsprechend zeigt das Betriebsspannungsänderungsmuster einen höheren Wert (+6V) an, als dies während der normalen Bearbeitung der Fall ist (+3V bis -3V). In diesem Falle ist das Ausgangssignal ein «H»-Signal.

Wenn die Elektrode 10 sich dem Werkstück 12 nähert, um einen Bearbeitungsspalt zu bilden, in welchem eine elektrische Entladung stattfinden kann, so wird der Funkenerosionsbearbeitungsvorgang gestartet. In diesem Fall wechselt das Betriebsspannungsänderungsmuster von (+6V) zu (+3V bis -3V) und das Ausgangssignal ändert von «H» auf «L». Während dem typischen Bearbeitungsvorgang, in welchem die Elektrode 10 beispielsweise auf und ab bewegt wird, wird das Betriebsspannungsänderungsmuster im Bereich von (+3V bis -3V) gehalten und das Ausgangssignal ist dementsprechend «L».

Während der Kurzschlussbedingung befindet sich die Elektrode 10 von der Norm abweichend in direktem Kontakt mit dem Werkstück 12 und das Betriebsspannungsänderungsmuster wechselt von (+3V bis -3V) auf (-6V). Als Folge dieses Wechsels tritt ein nicht dargestellter Kurzschlussvermeidungsstromkreis in Aktion, um die Elektrode nach oben zu bewegen, so dass die Kurzschlussbedingung aufgehoben wird. Daraufhin wechselt das Betriebsspannungsänderungsmuster von (-6V) auf (+6V). Danach wird die Elektrode 10 erneut nach unten bewegt, so dass die normale Bearbeitungsbedingung erhalten wird. Während der oben beschriebenen Kurzschlussbedingung wird das Ausgangssignal auf «L» gehalten.

Wenn der Bearbeitungsvorgang zu Ende geführt ist, durchstösst die Elektrode 10 das Werkstück 12 und wird weiter nach unten bewegt. Das Betriebsspannungsänderungsmuster wechselt von (+3V bis -3V) auf (+6V) und das Ausgangssignal steigt an auf «H».

Das Betriebsspannungsänderungsmuster in den verschiedenen Bearbeitungszuständen (Leerlauf-, Bearbeitungs-, Kurzschluss- und Durchstossbedingungen) und die entsprechenden Ausgangssignale sind oben beschrieben. Daher kann das Durchstossen der Elektrode elektrisch aus der Ausgangssignalcharakteristik derselben des oben beschriebenen Betriebsspannungsänderungsmusters festgestellt werden. Insbesondere wechselt das Ausgangssignal von «L» auf «H», wenn die Elektrode das Werkstück durchstösst. Dieses Ausgangssignaländerungsmuster wird nicht erhalten in den anderen Bearbeitungsbedingungen, nämlich der Leerlauf-, der Bearbeitungs- und Kurzschlussbedingung. Deshalb kann der Zeitpunkt des Elektrodendurchstosses ausdrücklich aus dem Signaländerungsmuster festgestellt werden.

Die Arbeitsweise einer Spannungsquelle 16, welche das Betriebsspannungsänderungsmuster benützt, ist nachstehend beschrieben.

Die Spannungsquelle 16 liefert elektrische Energie, wenn das Ausgangssignal des Entscheidungsstromkreises 38 «L» ist (d. h. während der Bearbeitungs- oder Kurzschlussbedingung), aber es unterbindet die Zufuhr der elektrischen Energie am Ende des Bearbeitungsvorganges, wenn das Ausgangssignal des Entscheidungsstromkreises 38 «H» ist (oder wenn die Elektrode das Werkstück durchstösst). Während der Leerlaufbedingung ist das Ausgangssignal des Entscheidungsstromkreises 38 ebenfalls «H», aber es muss beachtet werden, dass der Entscheidungsstromkreis 38 so aufgebaut ist, dass während der Leerlaufbedingung, das Ausgangssignal nicht der Spannungsquelle 16 zugeführt wird, so dass die Zufuhr von Energie gleichwohl gewährleistet ist, was nachstehend eingehender beschrieben ist.

Aus der obigen Beschreibung ist ersichtlich, dass bei der erfindungsgemässen Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung der Zeitpunkt des Durchstossens der Elektrode 10

durch das Werkstück festgestellt wird, und dass der Bearbeitungsvorgang automatisch gestoppt wird.

Gemäss dem Ausführungsbeispiel nach der Fig. 4 enthält eine numerische Steuereinheit 32 den Umsetzer 36 und den Entscheidungsstromkreis 38, der Umsetzer 36 und der Entscheidungsstromkreis 38 können auch von der numerischen Steuereinheit 32 getrennt sein, d. h., der Umsetzer 36 und der Entscheidungsstromkreis 38 können einzeln vorgesehen sein.

Wenn der Durchstoss der Elektrode festgestellt wird, so wird die Elektrode 10 weiterbewegt um einen vorbestimmten Weg in der Bearbeitungsrichtung (gemäss der Fig. 2 nach unten), bevor der Bearbeitungsvorgang beendet ist, dann kann eine durch den Verbrauch der Elektrode bewirkte nachteilige Wirkung beseitigt werden. Insbesondere wird während dem Bearbeitungsvorgang der Endteil der Elektrode 10 verbraucht und die Elektrode wird dünner. Deshalb wird, wenn der Bearbeitungsvorgang unmittelbar nachdem das Ende der Elektrode 10 das Werkstück 12 durchstossen hat, beendet wird, die Grösse der durchgehenden in das Werkstück 12 geformten Aussparung kleiner als gewünscht. Daher wird bei diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung der Elektrode 10 gestattet, sich zu bewegen, bis der Teil derselben mit konstanten Abmessungen das Werkstück durchstösst, so dass jederzeit eine durchgehende Aussparung mit korrekten Abmessungen erhalten wird.

Während der Leerlaufbedingung der Elektrode 10, d. h. bevor die elektrische Entladung stattfindet, wie in der Fig. 3 dargestellt, ist das Ausgangssignal «H» gleich wie im Falle des Elektrodendurchstosses. Zum Sperren dieses Ausgangssignales gegenüber der Spannungsquelle 16 kann der Entscheidungsstromkreis 38 so ausgelegt sein, dass kein Ausgangssignal erzeugt wird, während einem Bearbeitungszustand unmittelbar nach dem Starten der Einrichtung durch Betätigen des Startschalters, aber ein Signal erzeugt wird, während einem Bearbeitungszustand, nachdem die Maschine gestartet ist, d. h., wenn eine Betriebsspannung kleiner als 3V, beim durchschnittlichen Bearbeitungsstrom grösser als 1A oder eine durchschnittliche Bearbeitungsspannung kleiner als 60V ist (d. h., wenn elektrische Entladungen auftreten). In diesem Falle ist ein fehlerhaftes Abschalten während der Leerlaufbedingung eliminiert und dementsprechend ist die Anordnung der Funkerosionsbearbeitungseinrichtung sehr vereinfacht.

Bei der erfindungsgemässen Funkerosionsbearbeitungseinrichtung kann das Betriebsspannungsänderungsmuster wie oben beschrieben festgestellt und zum Ermitteln des Elektrodendurchbruches verwendet werden. Indes ist das Betriebsspannungsänderungsmuster etwas instabil. Insbesondere während der Kurzschlussbedingung und ebenso während dem Bearbeitungsvorgang kann die Spannung schwanken und deshalb kann das Stoppsignal fälschlich erzeugt werden. Daher kann die alleinige Ermittlung aus dem Betriebsspannungsänderungsmuster allein fehlerhaft sein. Um diese Schwierigkeit zu umgehen, können bei der erfindungsgemässen Funkerosionsbearbeitungseinrichtung die Kurzschlussbedingung und die Durchstossbedingung von irgend einem anderen entsprechenden zweiten unabhängigen Faktor abgeleitet werden.

Ein zweiter Faktor zum Bestimmen des Durchbruches der Elektrode durch das Werkstück ist die Zunahme der Bearbeitungstiefe. Zum Bestimmen, ob ein gegebener Bearbeitungsvorgang der tiefste ist oder nicht, wird ein Elektrodenpositionsdetektor 30 und ein Bearbeitungstiefenentscheidungsstromkreis 33 verwendet, siehe Fig. 5 und 7. Der hier verwendete Ausdruck «tiefste» soll angeben, dass die Elektrode 10 die Bearbeitung an der tiefsten Stelle erreicht hat. Da die Elektrode 10 während dem Bearbeitungsvorgang in vertikaler Richtung leicht auf und ab bewegt wird, erreicht

die Elektrode nicht immer die maximale Tiefe während einer relativ kurzen Zeitspanne. Dennoch wird dieses Bearbeiten als die «tiefste» betrachtet.

Die entsprechenden Ausgangssignale, die während den verschiedenen Bearbeitungsbedingungen (d. h. der Leerlauf-, der Bearbeitungs-, der Kurzschluss- und der Durchstossbedingung), auftreten und die relative Bearbeitungstiefe sind in der Fig. 6 dargestellt.

Gemäss diesem Ausführungsbeispiel, bei dem die Bearbeitung entsprechend der grössten Tiefe ausgeführt ist oder nicht, wird ein Ausgangssignal mit einem hohen oder einem niedrigen Pegel (nachstehend als «H» bzw. «L» bezeichnet), erzeugt.

In diesem Ausführungsbeispiel wird die Position der Elektrode zum Feststellen ob die grösste Bearbeitungstiefe ausgeführt ist oder nicht, vermindert. Der Elektrodenpositionsdetektor 30 stellt die Position der Elektrode 10 fest und erzeugt ein Positionssignal, das dem Bearbeitungstiefenentscheidungsstromkreis 33 zugeführt wird. In dem Stromkreis 33 wird das Positionssignal verarbeitet, um zu bestimmen, ob der vorliegende Bearbeitungsvorgang der «tiefste» ist. Der Stromkreis 33 erzeugt ein Ausgangssignal «H», wenn der vorliegende Bearbeitungsvorgang der Tiefste ist und ein Signal «L», wenn dieser Vorgang nicht der Tiefste ist. Nachstehend wird das während jedem Vorgang erzeugte Ausgangssignal beschrieben.

Während der Leerlaufbedingung wird die Elektrode 10 nach unten bewegt und erreicht die «tiefste Bearbeitung», obwohl keine Bearbeitung stattfindet. Deshalb wird während der Leerlaufbedingung das Ausgangssignal auf dem Wert «H» gehalten.

Während der Bearbeitungsbedingung wird die Elektrode 10 nach unten bewegt unter gleichzeitiger Ausführung von vertikalen Vibrationen und deshalb wird die Bearbeitungstiefe kontinuierlich vergrössert. Während der Bearbeitungsbedingung wird das Ausgangssignal ebenfalls auf dem Wert «H» gehalten.

Während der Kurzschlussbedingung gelangt die Elektrode 10 in unbeabsichtigter Weise in Berührung mit dem Werkstück 12. Um die Kurzschlussbedingung zu vermeiden, wird die Elektrode 10 nach oben und anschliessend wieder nach unten bewegt. Während der Kurzschlussbedingung führt die Elektrode 10 keine Bearbeitung an der tiefsten Stelle aus, da sie ausgehend von der Stellung, in welcher sie in Berührung mit dem Werkstück geriet, nach oben zurückgezogen wird. Deshalb wechselt das Ausgangssignal auf «L» und wird während dem oben beschriebenen Vorgang auf dem Wert «L» gehalten.

Nachdem die Elektrode 10 das Werkstück 12 durchstossen hat wird sie weiter nach unten bewegt, d. h., die Elektrode führt die tiefste Bearbeitung aus. Während der Durchstossbedingung wird das Ausgangssignal auf dem Wert «H» gehalten.

Wie oben beschrieben ist während der Kurzschlussbedingung das Ausgangssignal durch die Aufwärts- und die anschliessende Abwärtsbewegung der Elektrode gleich «L», während bei der Durchstossbedingung das Ausgangssignal «H» gleich wie während der Bearbeitungs- und der Leerlaufbedingung ist. Deshalb kann die Kurzschlussbedingung leicht gegenüber der Durchstossbedingung gemäss dem Bearbeitungstiefenfaktor unterschieden werden.

Die Ausgangssignale des Entscheidungsstromkreises 38 und des Bearbeitungstiefenentscheidungsstromkreises 33 werden einem UND-Tor 40 zugeführt. Nur wenn an beiden Eingängen des UND-Tores «H»-Signale anliegen, erzeugt das UND-Tor 40 ein Stoppsignal für die Spannungsquelle 16, um die Energiezufuhr und damit den Bearbeitungsvorgang zu stoppen. Nachstehend ist die Funktion des UND-

Tores 40 während den verschiedenen Bearbeitungsbedingungen beschrieben.

Während der Leerlaufbedingung sind die Ausgangssignale des Entscheidungsstromkreises 38 und des Bearbeitungstiefenentscheidungsstromkreises auf dem Wert «H». Jedoch ist die beschriebene Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung so konzipiert, dass wie oben beschrieben, während der Leerlaufbedingung das UND-Tor 40 kein Stoppsignal an die Spannungsquelle 16 abgibt.

Während der Bearbeitungsbedingung ist das Ausgangssignal des Entscheidungsstromkreises 38 gleich «L» und das Ausgangssignal des Bearbeitungstiefenentscheidungsstromkreises 33 gleich «H». Deshalb erzeugt das UND-Tor 40 kein Stoppsignal.

Während der Kurzschlussbedingung sind die Ausgangssignale des Entscheidungsstromkreises 38 und des Bearbeitungstiefenentscheidungsstromkreises 33 beide gleich «L». Deshalb erzeugt das UND-Tor 40 kein Stoppsignal.

Während der Durchstossbedingung sind die Ausgangssignale des Entscheidungsstromkreises 38 und des Bearbeitungstiefenentscheidungsstromkreises 33 gleich «H» und das UND-Tor 40 erzeugt das Stoppsignal für die Spannungsquelle 16, so dass die Energiezufuhr unterbunden und der Bearbeitungsvorgang gestoppt wird.

In diesem Ausführungsbeispiel bilden der Umsetzer 36, der Entscheidungsstromkreis 38, der Bearbeitungstiefenentscheidungsstromkreis 33 und das UND-Tor 40 eine numerische Steuereinheit 32. Die aufgezählten Stromkreise können jedoch auch ausserhalb der numerischen Steuereinheit 32, d. h. einzeln, angeordnet sein.

Als Alternative gegenüber dem vorgehend beschriebenen Ausführungsbeispiel kann die Durchstossbedingung auch durch Benützung von unterschiedlichen unabhängigen Detektionsfaktoren, d. h. anderen als die Bearbeitungstiefe zusammen mit dem Betriebsspannungsänderungsmuster, verwendet werden.

Inbesondere ist ein weiterer Faktor zum Bestimmen des Durchstossens der Elektrode die Elektrodenvorschubgeschwindigkeit. Um die Elektrodenvorschubgeschwindigkeit elektrisch zu bestimmen, sind der Elektrodenpositionsdetektor 30 und ein Elektrodenvorschubgeschwindigkeitsbestimmungsstromkreis 35 vorgesehen, siehe Fig. 9.

Die Elektrodenvorschubgeschwindigkeiten und die entsprechenden Ausgangssignale während den verschiedenen Bearbeitungsbedingungen sind in der Fig. 8 angegeben.

In diesem Ausführungsbeispiel werden zwei Ausgangssignale «H» und «L» entsprechend der Elektrodenvorschubgeschwindigkeit (hohe bzw. niedrige Vorschubgeschwindigkeit) erzeugt.

Gemäss der Fig. 9 wird die Position der Elektrode zum Bestimmen der Elektrodenvorschubgeschwindigkeit benützt. Der Elektrodenpositionsdetektor 30 ermittelt die Position der Elektrode 10 und erzeugt ein davon abhängiges Positionssignal, das an den Elektrodenvorschubgeschwindigkeitsbestimmungsstromkreis 33 angelegt wird. Der Bestimmungsstromkreis verarbeitet das Positionssignal um zu bestimmen, ob die Elektrodenvorschubgeschwindigkeit gross, d. h. über einer vorbestimmten Geschwindigkeit ist und ob die Vorschubgeschwindigkeit klein ist. Anschliessend werden die Ausgangssignale, die in Abhängigkeit der Elektrodenvorschubgeschwindigkeit unter verschiedenen Betriebsbedingungen erzeugt wurden, beschrieben.

In der Leerlaufbedingung ist der Spalt zwischen der Elektrode 10 und dem Werkstück gross und deshalb wird die Elektrode mit grosser Geschwindigkeit nach unten bewegt. Daher ist das während der Leerlaufbedingung erzeugte Ausgangssignal gleich «H».

Während dem Bearbeitungsvorgang wird die Elektrode 10 mit niedriger Geschwindigkeit nach unten bewegt, wobei die Funkenerosionsbearbeitung erfolgt. Deshalb wird während der eigentlichen Bearbeitung das Ausgangssignal auf dem Wert «L» gehalten.

In der Kurzschlussbedingung gelangt die Elektrode 10 in Berührung mit dem Werkstück 12. Um diese Kurzschlussbedingung zu eliminieren, wird die Elektrode nach oben mit hoher Geschwindigkeit zurückgezogen und dann erneut mit hoher Geschwindigkeit nach unten bewegt. Aus diesem Grunde ist das Ausgangssignal während der Kurzschlussbedingung gleich «H».

In der Durchstossbedingung durchstösst die Elektrode 10 das Werkstück 12 und wird dann weiter mit hoher Geschwindigkeit nach unten bewegt. Deshalb ist das Ausgangssignal während der Durchstossbedingung gleich «H».

Die Elektrodenvorschubgeschwindigkeiten und die entsprechenden Ausgangssignale mit den verschiedenen Bearbeitungsbedingungen sind wie oben beschrieben. Während der Bearbeitungsbedingung ist das Ausgangssignal «L» wegen der niedrigen Geschwindigkeit währenddem im Durchstosszustand das Ausgangssignal «H» ist, gleich wie in den Leerlauf- und Kurzschlussbedingungen. Deshalb kann die Durchstossbedingung leicht gegenüber der Bearbeitungsbedingung aufgrund des Elektrodenvorschubgeschwindigkeitsfaktors unterschieden werden.

Das Ausgangssignal des Entscheidungsstromkreises 38 und jenes des Elektrodenvorschubgeschwindigkeitsbestimmungsstromkreises 35 werden an ein UND-Tor 40 angelegt. Nur wenn beide Ausgangssignale «H» sind, erzeugt das UND-Tor 40 ein Stoppsignal für die Spannungsquelle 16 und stoppt den Bearbeitungsvorgang.

Während der Leerlaufbedingung sind die Ausgangssignale des Entscheidungsstromkreises 38 und des Elektrodenvorschubgeschwindigkeitsstromkreises 35 beide gleich «H». Das oben beschriebene Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung ist so aufgebaut, dass in der Leerlaufbedingung das UND-Tor kein Stoppsignal an die Spannungsquelle 16 abgibt.

Während der Bearbeitungsbedingung sind die Ausgangssignale des Entscheidungsstromkreises 38 und des Elektrodenvorschubgeschwindigkeitsbestimmungsstromkreises 35 gleich «L» und dementsprechend erzeugt das UND-Tor kein Stoppsignal.

Während der Kurzschlussbedingung ist das Ausgangssignal des Entscheidungsstromkreises 38 gleich «L» und des Elektrodenvorschubgeschwindigkeitsbestimmungsstromkreises 35 gleich «H». Daher wird ebenfalls kein Stoppsignal erzeugt.

Während der Durchstossbedingung sind die Ausgangssignale des Entscheidungsstromkreises 38 und des Bestimmungsstromkreises 35 beide gleich «H» und das UND-Tor 40 erzeugt das Stoppsignal für die Spannungsquelle 16, so dass die Energiezufuhr unterbunden und dadurch der Bearbeitungsvorgang gestoppt wird.

In diesem Ausführungsbeispiel bilden der Umsetzer 36, der Entscheidungsstromkreis 38, der Elektrodenvorschubgeschwindigkeitsbestimmungsstromkreis 35 und das UND-Tor 40 die numerische Steuereinheit 32. Diese Stromkreise können jedoch auch einzeln, wie weiter oben angeführt, angeordnet sein.

Entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung kann die Bearbeitungsbedingung und die Durchstossbedingung aufgrund von jedem anderen entsprechend einem weiteren Faktor, kombiniert mit und getrennt von dem Betriebsspannungsänderungsmuster, bestimmt werden.

Dieser zusätzliche Faktor zum Bestimmen des Durchstossens der Elektrode ist der Druck der Bearbeitungslösung. Zum elektrischen Bestimmen des Druckes der Bearbeitungslösung ist gemäss den Fig. 10 und 12 ein Bearbeitungs-lösungsdruckdetektor 26, ein Umsetzer 36, ein Druckentscheidungsstromkreis 42 und ein Inverter 46 vorgesehen. Der Bearbeitungslösungsdruck und die entsprechenden Ausgangssignale in den verschiedenen Betriebsbedingungen sind in der Fig. 11 angegeben.

In diesem Ausführungsbeispiel werden die beiden Ausgangssignale «H» bzw. «L» entsprechend dem Wert des Bearbeitungs-lösungsdruckes erzeugt. Der Bearbeitungs-lösungsdruckdetektor 26 misst den Druck, mit dem die Bearbeitungslösung zugeführt wird. Der ermittelte Druck wird dann einer vorbestimmten Umsetzung im Umsetzer 36 unterworfen und dann dem Druckentscheidungsstromkreis 42 zugeführt. Wenn der Druck gleich oder grösser als ein gegebener Druck ist, erzeugt der Druckentscheidungsstromkreis 42 ein «H»-Signal und wenn der Druck kleiner ist als der gegebene Druck erzeugt der Druckentscheidungsstromkreis 42 ein «L»-Signal. Das Ausgangssignal des Druckentscheidungsstromkreises 42 wird in einem Inverter 46 invertiert. Das Ausgangssignal des Inverters 46 während den verschiedenen Bearbeitungsbedingungen ist nachstehend beschrieben.

Während der Leerlaufbedingung ist der Druck der Bearbeitungslösung etwas kleiner als der gegebene Druck, weil dieser eingestellt ist auf die normale Bearbeitungsbedingung. Deshalb erzeugt der Druckentscheidungsstromkreis kein Ausgangssignal während der Leerlaufbedingung.

Während der Bearbeitungsbedingung wird die Bearbeitungslösung dem Spalt zwischen der Elektrode 10 und dem Werkstück 12 zugeführt, wobei der Druck der Maschinenlösung gleich dem gegebenen Druck ist. Deshalb erzeugt der Druckentscheidungsstromkreis 42 das Ausgangssignal «H». Aus diesem Grunde erzeugt der Inverter 46 an seinem Ausgang das «L»-Signal kontinuierlich während der Bearbeitungsbedingung.

Während der Kurzschlussbedingung ist die Elektrode 10 mit dem Werkstück 12 in Berührung gekommen und sofort zurückgezogen worden. Anschliessend wird die Elektrode 10 erneut nach unten bewegt. Während diesem Vorgang wurde der Spalt zwischen der Elektrode 10 und dem Werkstück 12 stark vergrössert, als Resultat davon ist der Druck der Bearbeitungslösung abgesunken. Dementsprechend erzeugt der Druckentscheidungsstromkreis 42 das «L»-Signal. Das Ausgangssignal des Inverters 46 während der Kurzschlussbedingung ist gleich «H».

Während der Durchstossbedingung wird die Elektrode 10 nach unten bewegt und der Spalt verschwindet, dementsprechend sinkt der Druck der Bearbeitungslösung ab. Deshalb erzeugt der Druckentscheidungsstromkreis 42 das «L»-Signal. Der Inverter 46 seinerseits erzeugt während der Durchstossbedingung das «H»-Signal.

Die Bearbeitungsdrücke und die entsprechenden Ausgangssignale während den verschiedenen Bearbeitungsbedingungen sind oben beschrieben. Das Ausgangssignal des Inverters 46 ist «L» während der Bearbeitungsbedingung und «H» während der Kurzschluss- oder Durchstossbedingung. Deshalb kann die Bearbeitungsbedingung leicht gegenüber der Durchstossbedingung unterschieden werden durch diesen Detektionsfaktor.

Das Ausgangssignal des Entscheidungsstromkreises 38 und das Ausgangssignal des Inverters 46 werden einem UND-Tor 40 zugeführt. Wenn beide Ausgangssignale «H» sind, erzeugt das UND-Tor 40 ein Stoppsignal für die Spannungsquelle 16 und stoppt den Bearbeitungsvorgang.

Während der Leerlaufbedingung ist das Ausgangssignal des Entscheidungsstromkreises 38 «H» und der Inverter 46 erzeugt kein Ausgangssignal. Deshalb erzeugt das UND-Tor 40 kein Stoppsignal.

Während der Bearbeitung sind die Ausgangssignale des Entscheidungsstromkreises 38 und des Inverters beide «L». Deshalb erzeugt das UND-Tor kein Stoppsignal.

Während der Kurzschlussbedingung ist das Ausgangssignal des Entscheidungsstromkreises 38 gleich «L» und das Ausgangssignal des Inverters «H». Deshalb erzeugt das UND-Tor 40 kein Stoppsignal.

Während der Durchstossbedingung sind die Ausgangssignale des Entscheidungsstromkreises 38 und des Inverters 46 beide «H», so dass das UND-Tor 40 das Stoppsignal erzeugt und an die Spannungsquelle 16 abgibt, wodurch die Energiezufuhr unterbunden und damit der Bearbeitungsvorgang gestoppt wird.

In diesem eben beschriebenen Ausführungsbeispiel bildet der Umsetzer 36, der Entscheidungsstromkreis 38, der Druckentscheidungsstromkreis 42, der Inverter 46 und das UND-Tor 40 die numerische Steuereinheit 32. Die aufgezählten Stromkreise können auch separat von der Steuereinheit 32 angeordnet werden.

Eng mit dem Bearbeitungs-lösungsdruck ist die Strömungsgeschwindigkeit der Lösung verwandt. Dementsprechend kann auch dieser Parameter als Detektionsfaktor verwendet werden, wie nachstehend im einzelnen erläutert ist.

In dem in den Fig. 13 bis 15 dargestellten Ausführungsbeispiel werden die Bearbeitungsbedingung und die Durchstossbedingung von einem anderen als oben genannten Faktor abgeleitet.

Zum elektrischen Feststellen der Bearbeitungs-lösungsströmungsgeschwindigkeit ist gemäss den Fig. 13 und 15 ein Bearbeitungs-lösungsströmungsdetektor 28, ein Umsetzer 36 und ein Strömungsentscheidungsstromkreis 44 vorgesehen. Die Bearbeitungs-lösungsströmungsgeschwindigkeit und die entsprechenden Ausgangssignale in den verschiedenen Bearbeitungsbedingungen sind in der Fig. 12 angegeben. In diesem Ausführungsbeispiel werden die Ausgangssignale «H» und «L» entsprechend einer hohen bzw. niedrigen Bearbeitungs-lösungsströmungsgeschwindigkeit erzeugt.

Der Bearbeitungs-lösungsströmungsdetektor 28 ermittelt die Strömungsgeschwindigkeit der zugeführten Bearbeitungslösung. Die von der Strömungsgeschwindigkeit abhängigen Ausgangssignale werden im Umsetzer 36 umgesetzt und anschliessend dem Strömungsentscheidungsstromkreis 44 zugeführt. Wenn der Strömungsentscheidungsstromkreis 44 feststellt, dass die Strömungsgeschwindigkeit einen gesetzten Wert nicht überschreitet, so erzeugt er an seinem Ausgang ein «L»-Signal und wenn er feststellt, dass die Strömungsgeschwindigkeit den gesetzten Wert überschreitet, erzeugt er ein «H»-Signal an seinem Ausgang.

Während der Leerlaufbedingung ist die Strömungsgeschwindigkeit der Bearbeitungslösung auf den gesetzten Wert eingestellt, d. h. die Strömungsgeschwindigkeit entspricht dem gesetzten Wert bevor mit der Bearbeitung begonnen wird. In der Leerlaufbedingung erzeugt daher der Strömungsentscheidungsstromkreis kein Ausgangssignal.

Während dem Bearbeitungs-zustand wird die Lösung dem Spalt zwischen der Elektrode 10 und dem Werkstück 12 zugeführt und die Strömungsgeschwindigkeit ist gleich dem gesetzten Wert. Deshalb erzeugt der Strömungsentscheidungsstromkreis 44 das «L»-Signal.

Während der Kurzschlussbedingung berührt die Elektrode 10 das Werkstück 12 und wird sofort nach oben zurückgezogen und anschliessend wieder nach unten bewegt. Während diesem Vorgang wird der Spalt zwischen der Elektrode 10 und dem Werkstück 12 schnell grösser, woraus resultiert,

dass die Bearbeitungslösungsströmungsgeschwindigkeit ansteigt. Dementsprechend erzeugt der Strömungsentscheidungsstromkreis 44 das «H»-Signal.

Während der Durchstossbedingung wird die Elektrode 10 nach unten bewegt und der Spalt aufgehoben, wodurch die Strömungsgeschwindigkeit ansteigt. Aus diesem Grunde erzeugt der Strömungsentscheidungsstromkreis 44 das «H»-Signal.

Wie oben beschrieben erzeugt der Strömungsentscheidungsstromkreis 44 das «L»-Signal während der Bearbeitungsbedingung und das «H»-Signal während der Kurzschlussbedingung oder der Durchstossbedingung. Aus diesem Grunde kann die Bearbeitungsbedingung und die Durchstossbedingung leicht voneinander durch diesen Faktor unterschieden werden.

Das Ausgangssignal des Entscheidungsstromkreises 38 und das Ausgangssignal des Strömungsentscheidungsstromkreises 44 werden einem UND-Tor 40 zugeführt. Nur wenn beide Ausgangssignale «H»-Signale sind, erzeugt das UND-Tor das Stoppsignal für die Spannungsquelle 16. Während der Bearbeitungsbedingung sind die Ausgangssignale des Entscheidungsstromkreises 38 und des Strömungsentscheidungsstromkreises 44 beide gleich «L». Deshalb erzeugt das UND-Tor 40 kein Stoppsignal.

Während der Kurzschlussbedingung erzeugt der Entscheidungsstromkreis 38 das «L»-Signal, während der Strömungsentscheidungsstromkreis 44 das «H»-Signal erzeugt. Deshalb erzeugt das UND-Tor 40 kein Stoppsignal.

Während der Durchstossbedingung erzeugt der Entscheidungsstromkreis 38 und der Strömungsentscheidungsstromkreis 44 je ein «H»-Signal und das UND-Tor 40 erzeugt das Stoppsignal, welches der Spannungsquelle 16 zugeführt wird, wodurch der Bearbeitungsvorgang gestoppt wird. Wie in den weiter oben angeführten Ausführungsbeispielen können der Umsetzer 36, der Entscheidungsstromkreis 38, der Strömungsentscheidungsstromkreis 44 und das UND-Tor 40 auch einzeln und getrennt von der numerischen Steuereinheit 32 angeordnet sein.

Ein noch weiterer Faktor, welcher nicht vom Bedienungsspannungsänderungsmuster abhängig ist, kann somit als zusätzlicher Detektionsfaktor verwendet werden. In einem in den Fig. 16 bis 17 dargestellten Ausführungsbeispiel ist insbesondere der zweite Faktor zum Ermitteln des Durchstossens der Elektrode die Elektrodenbewegungsrichtung. Um die Elektrodenbewegungsrichtung festzustellen, wird der Elektrodenpositionsdetektor 30 und ein Richtungsentscheidungsstromkreis 34 verwendet, wie dies in der Fig. 17 gezeigt ist. Die schematische Darstellung dieses Ausführungsbeispiels ist in der Fig. 5 gezeigt.

Die Elektrodenbewegungsrichtung und die entsprechenden Ausgangssignale, die den verschiedenen Bearbeitungsbedingungen entsprechen, sind in der Fig. 16 angeführt.

In diesem Ausführungsbeispiel werden die beiden Ausgangssignale «H» und «L» entsprechend der Elektrodenbewegungsrichtung (aufwärts bzw. abwärts) erzeugt.

In diesem Ausführungsbeispiel wird die Elektrodenposition zum Ermitteln der Elektrodenbewegungsrichtung verwendet. Der Elektrodenpositionsdetektor 30 stellt die Position der Elektrode 10 fest und erzeugt ein Positionssignal, das dem Richtungsentscheidungsstromkreis 34 zugeführt wird, nachdem es im Umsetzer 36 verarbeitet worden ist. Der Richtungsentscheidungsstromkreis 34 erzeugt das «H»-Signal, wenn die Elektrode sich nach unten bewegt und ein «L»-Signal, wenn sich die Elektrode nach oben bewegt.

Während der Leerlaufbedingung ist der Spalt zwischen der Elektrode 10 und dem Werkstück 12 gross und die Elektrode bewegt sich nach unten. Daher ist das Ausgangssignal des Richtungsentscheidungsstromkreises während der Leer-

laufbedingung gleich «H». Während der Bearbeitungsbedingung wird die Elektrode 10 nach unten bewegt zum Ausführen der Bearbeitung. Deshalb ist das Ausgangssignal des Richtungsentscheidungsstromkreises während der Bearbeitungsbedingung ebenfalls gleich «H».

Während der Kurzschlussbedingung berührt die Elektrode 10 das Werkstück 12. Zum Aufheben der Kurzschlussbedingung wird die Elektrode nach oben zurückgezogen, so dass das Ausgangssignal des Richtungsentscheidungsstromkreises «L» ist. Danach wird die Elektrode 10 wieder nach unten bewegt. Während der Abwärtsbewegung der Elektrode ist das Ausgangssignal des Richtungsentscheidungsstromkreises gleich «H».

Während der Durchstossbedingung, in welcher die Elektrode 10 das Werkstück durchstösst, wird die Elektrode weiter nach unten bewegt. Deshalb erzeugt während der Durchstossbedingung der Richtungsentscheidungsstromkreis das Ausgangssignal «H».

Wenn die Elektrode 10 zum Aufheben der Kurzschlussbedingung nach oben bewegt wird, ist das Ausgangssignal des Richtungsentscheidungsstromkreises gleich «L» weil eine Aufwärtsbewegung stattfindet, wobei während der Durchstossbedingung das Ausgangssignal «H» ist, d. h. gleich wie bei der Abwärtsbewegung während der Leerlaufbedingung, der Bearbeitungsbedingung und der Kurzschlussbedingung. Deshalb kann die Durchstossbedingung leicht gegenüber der Aufwärtsbewegung der Elektrode 10 zum Aufheben der Kurzschlussbedingung unterschieden werden.

Die Ausgangssignale des Entscheidungsstromkreises 38 und des Richtungsentscheidungsstromkreises 34 werden dem UND-Tor 40 zugeführt. Wenn beide Signale gleich «H» sind, erzeugt das UND-Tor 40 das Stoppsignal, das der Spannungsquelle 16 zugeführt wird.

Während der Leerlaufbedingung sind die Ausgangssignale des Entscheidungsstromkreises 38 und des Richtungsentscheidungsstromkreises 34 «H». Auch dieses Ausführungsbeispiel ist so aufgebaut, wie bei weiter oben beschriebenen Ausführungsbeispielen, dass während der Leerlaufbedingung das UND-Tor 40 während der Leerlaufbedingung kein Stoppsignal für die Spannungsquelle 16 erzeugt.

Während der Bearbeitungsbedingung ist das Ausgangssignal des Entscheidungsstromkreises 38 gleich «L» und das Ausgangssignal des Richtungsentscheidungsstromkreises 34 gleich «H». Deshalb erzeugt das UND-Tor 40 kein Stoppsignal.

Während der Kurzschlussbedingung ist das Ausgangssignal des Entscheidungsstromkreises 38 gleich «L» während das Ausgangssignal des Richtungsentscheidungsstromkreises entweder «L» oder «H» ist. In beiden Fällen erzeugt das UND-Tor 40 kein Stoppsignal.

Während der Durchstossbedingung ist das Ausgangssignal des Entscheidungsstromkreises 38 und das Ausgangssignal des Richtungsentscheidungsstromkreises 34 je gleich «H», so dass das UND-Tor das Stoppsignal für die Spannungsquelle 16 erzeugt, wodurch die Energiezufuhr unterbrochen wird. Die Stromkreise 34, 36, 38 und 40 können selbstverständlich getrennt von der numerischen Steuereinheit 32 angeordnet sein, wenn dies erwünscht ist.

Von den vorangehend beschriebenen Ausführungsbeispielen verwendet jedes das Bedienungsspannungsänderungsmuster als ersten Detektionsfaktor und in verschiedenen Ausführungsbeispielen wird dieser Faktor mit einem zweiten Detektionsfaktor verknüpft, um die Zuverlässigkeit der Bestimmung des Elektrodendurchbruches zu vergrössern. Innerhalb des Bereiches der Erfindung ist es möglich, die verschiedenen oben angegebenen Detektionsparameter miteinander zu verknüpfen und in einer einzigen Steuereinheit unterzubringen. Die Fig. 18 bis 20 zeigen ein derartiges

Ausführungsbeispiel, das verschiedene Detektionsfaktoren zum Bestimmen des Elektrodendurchbruches anwendet.

Die Fig. 18 zeigt dieses Ausführungsbeispiel in schematischer Darstellung, welches Ausführungsbeispiel eine Kombination der verschiedenen vorangehend beschriebenen Anordnungen ist. Die Fig. 19 zeigt die verschiedenen von den unterschiedlichen Detektionskomponenten abgeleiteten Ausgangssignale für die vier Bearbeitungsbedingungen der Einrichtung.

In der Fig. 20 ist das Blockschema der Einrichtung gemäss der Fig. 18 dargestellt. In dieser Einrichtung ermittelt der Betriebsspannungsdetektor 18 die durchschnittliche Spannung über dem Spalt, welche anschliessend einer Umsetzung 36 unterworfen und in einem Speicher 302 gespeichert wird. Das in dem Speicher 302 gespeicherte Muster ist zeitlich variabel infolge eines Zeitbegrenzungsstromkreises 303. Das in dem Speicher 302 gespeicherte Muster wird in einem Komparator 304 mit einem in einem Betriebsspannungsreferenzstromkreis 306 gespeicherten Muster verglichen.

Während der Leerlaufbedingung ist das Betriebsspannungsänderungsmuster +6V und der Vergleich dieses Musters durch den Komparator 304 mit dem im Stromkreis 306 gespeicherten Muster ergibt ein «H»-Signal. Wenn jedoch die Bearbeitung beginnt, wechselt das Spannungsänderungsmuster von +6V auf -3V bis +3V. Wenn dieses Muster im Komparator 304 mit dem im Stromkreis 306 gespeicherten Muster verglichen wird, so ändert das Ausgangssignal von «H» auf «L». Während dem Bearbeitungsvorgang schwankt die Betriebsspannung zwischen +3V und -3V und es wird das Ausgangssignal «L» aufrechterhalten.

Während einem Kurzschluss zeigt das Spannungsänderungsmuster eine Änderung von der normalen Betriebsspannung auf -6V bis die Elektrode vom Werkstück abgehoben wird, wonach die Spannung von -6V auf +6V ändert. Wenn dieses Muster im Speicher mit dem im Referenzstromkreis 206 gespeicherten Muster verglichen wird, wird ein «L»-Signal ausgegeben. Während jeder weiteren Bearbeitung wird das Ausgangssignal wie oben angeführt auf dem Wert «L» gehalten, aber wenn das Betriebsspannungsänderungsmuster von +3V bis -3V auf +6V ändert, erzeugt der Komparator das Ausgangssignal «H». Die zuletzt angeführte Änderung zeigt den Elektrodendurchstoss an. Dementsprechend wird das «H»-Signal an den einen Eingang eines UND-Tores 406 angelegt, während der andere Eingang mit dem Ausgang eines ODER-Tores 402 verbunden ist. Wie vorangehend erwähnt, ist das Blockschema gemäss der Fig. 20 so aufgebaut, dass das «H»-Signal, das während der Leerlaufbedingung erzeugt wird, nicht eine fehlerhafte Ermittlung des Elektrodendurchstosses bewirkt.

Die Lage der Elektrode wird durch einen Elektrodenpositionsdetektor 30, der eine Impulsskala sein kann, ermittelt, welche Impulsskala ein Auf-Absignal erzeugt. Dieses Signal wird in einem Anzeigezähler 321 verarbeitet und angezeigt. Der Inhalt des Anzeigezählers 321, welcher die tiefste Bearbeitungsposition angeben kann, wird in einem Speicher 323 gespeichert. Danach werden die gespeicherten Werte aufeinanderfolgend mit dem Ausgang des Zählers 321 mittels einem Komparator 322 verglichen, um die grösste Bearbeitungstiefe zurückzustellen. Wenn das Positionssignal grösser ist als der gespeicherte Wert, werden die in dem Speicher 323 gespeicherten Daten durch das vorliegende Positionssignal ersetzt und der Komparator 322 erzeugt ein «H»-Signal, welches dem ODER-Tor 402 zugeführt wird.

Der in dem Anzeigezähler 321 gespeicherte Wert wird zu vorbestimmten Zeitintervallen in einen Zähler 325 eingegeben, wobei die Zeitintervalle mittels eines Zeiteinstellstromkreises 326 einstellbar sind. Der Zählstand des Zählers 325 wird dann einem Digital/Analogumsetzer 327 zugeführt.

Das sich ergebende Signal wird dann einem Komparator 328 zugeführt, der das Signal mit einem vorbestimmten Elektrodendurchbruchgeschwindigkeitwert vergleicht. Wenn das Signal grösser als der vorbestimmte Wert ist, erzeugt der Komparator 328 ein «H»-Signal, welches dem UND-Tor 406 über das ODER-Tor 402 zugeführt wird.

Die Bearbeitungsströmungsgeschwindigkeit wird durch einen Strömungsmesser 28 ermittelt. Das Ausgangssignal, das der gemessenen Strömungsgeschwindigkeit entspricht, wird in einem Umsetzer 331 umgesetzt. Das umgesetzte Signal wird dann in einem Komparator 332 mit einem Bezugswert verglichen. Wenn das Strömungsgeschwindigkeitssignal grösser ist als der Bezugswert, erzeugt der Komparator 332 ein «H»-Signal, das dem ODER-Tor 402 zugeführt wird und deshalb auch zum UND-Tor 406 gelangt. Der Bearbeitungsdruck wird im wesentlichen in der gleichen Weise wie die Strömungsgeschwindigkeit ermittelt, indem der Druck durch ein Manometer 26 gemessen wird. Das Drucksignal wird, wenn gewünscht, in einem Umsetzer 334 umgesetzt, um nachher mit einem Bezugssignal in einem Komparator 335 verglichen zu werden. Wenn das Drucksignal kleiner ist als das Bezugssignal, erzeugt der Komparator 335 ein «L»-Signal. Weil am Ausgang des Komparators 335 ein Inverter 337 angeschlossen ist, gelangt in diesem Fall ein «H»-Signal zum ODER-Tor 402.

Schliesslich kann der letzte Eingang des ODER-Tores 402 direkt mit der Impulsskala 30 verbunden sein. In diesem Fall wird das «unten»-Signal von der Impulsskala direkt dem ODER-Tor 402 zugeführt, um anzuzeigen, dass sich die Elektrode nach unten bewegt.

In dem eben beschriebenen Ausführungsbeispiel wird das Betriebsspannungsänderungsmuster als primärer Detektionsfaktor verwendet, aber dieser Faktor allein kann das UND-Tor 406 nicht auslösen zum Anhalten des Bearbeitungsvorganges. Das Ausschalten des elektrischen Stromes ist also abhängig von der Mitwirkung von wenigstens einem der oben genannten Hilfsfaktoren.

Wie in der Fig. 20 gezeigt, kann also das «unten»-Ausgangssignal der Impulsskala 30 an den einen Eingang eines UND-Tores 400 angelegt werden, während der andere Eingang mit dem Ausgang des Bearbeitungstiefenentscheidungsstromkreises 322 verbunden ist. Dieses nicht unbedingt notwendige zusätzliche UND-Tor 400 dient zum effektiven Vermeiden der Erzeugung eines fehlerhaften Stoppsignals während der Rückkehrphase der Elektrode bei Kurzschluss, wenn das Elektrodenrichtungssignal «H» ist. Die erfindungsgemässe Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung kann zum Schneiden von Werkstücken und zum Einarbeiten von Aussparungen in Werkstücke verwendet werden, in welches Werkstück eine drahtförmige Elektrode eingeführt worden ist.

Wie oben beschrieben wird bei der erfindungsgemässen Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung der Zeitpunkt, zu dem die Elektrode 10 das Werkstück 12 durchstösst bestimmt mit Hilfe des Betriebsspannungsänderungsmusters allein oder in Verknüpfung mit anderen Faktoren, so dass der Bearbeitungsvorgang automatisch beendet wird. Daher sind die elektrischen Entladebedingungen stabil und zu allen Zeiten optimal und die Form der mit dieser erfindungsgemässen Einrichtung geformten Aussparung ist sehr genau. Darüberhinaus ist es nicht mehr notwendig, dass die Bedienungsperson die weiter oben genannten mühevollen Arbeitsvorgänge, wie das Überwachen der Position der Elektrode 10 relativ zum Werkstück 12 und das visuelle Erkennen, wenn die Elektrode 10 das Werkstück 12 durchstösst, ausführt. Dadurch ergibt sich eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit, der wirtschaftlichen Ausnutzung der Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung und die Realisierung einer vollständigen automatischen Funkenerosionsbearbeitungseinrichtung.

FIG. 1

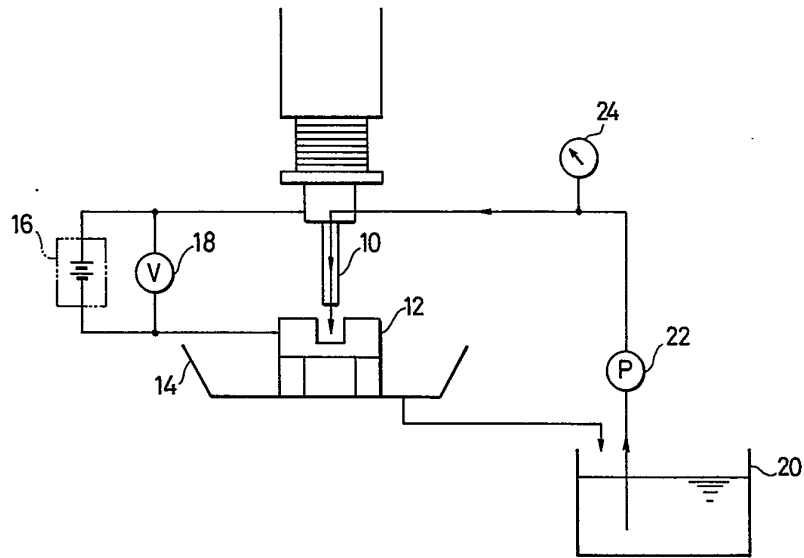


FIG. 2

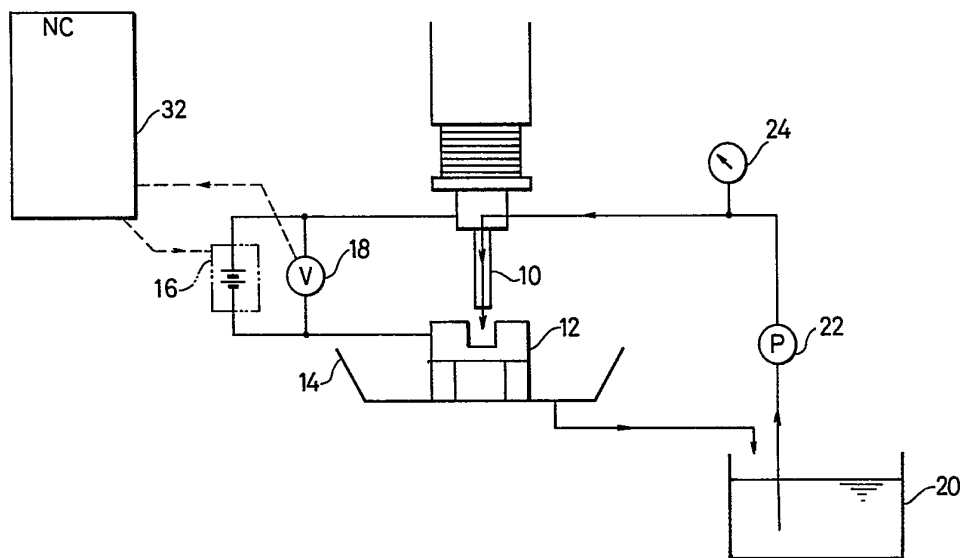


FIG. 3

DETEKTIONS-FAKTOR	ARBEITSBEDINGUNGEN			
	LEERLAUF	BEARBEIT.	KURZSCHLUSS	DURCHSTOSS
BETRIEBS-SPANNUNGS-MUSTER	(+6v)	(+6)→(+3~-3)	(+3~-3)→(-6)→(+6)	(+3~-3)→(+6)
AUSGANGS-SIGNAL				

FIG. 4

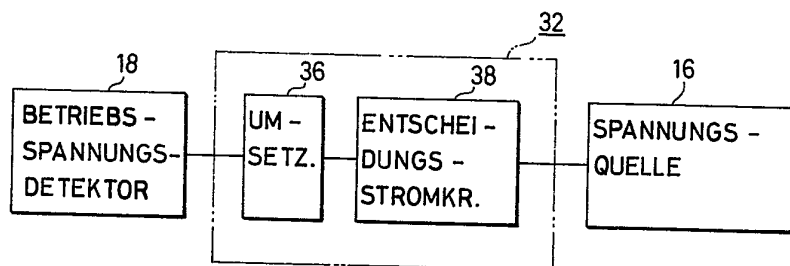


FIG. 5

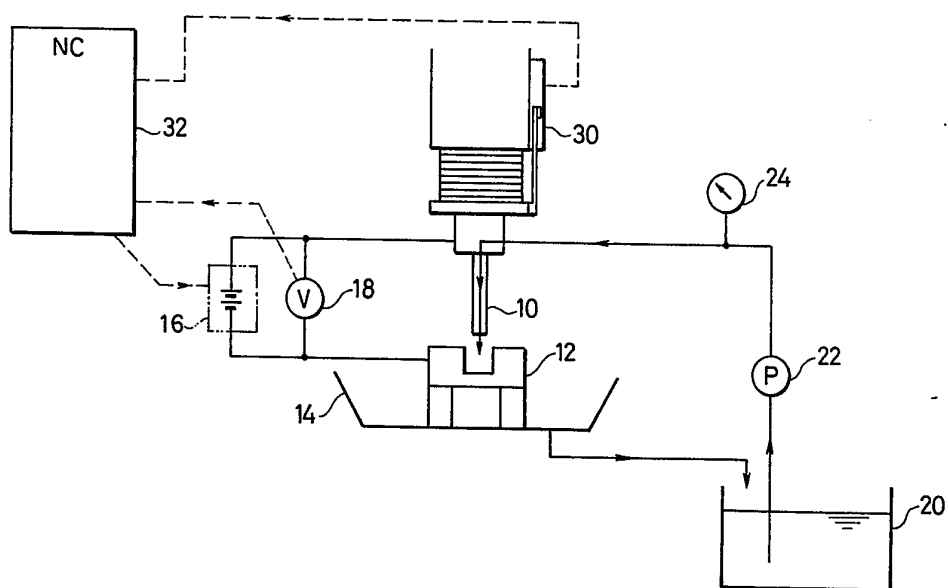


FIG. 6

DETEKTIONS FAKTOR	ARBEITSBEDINGUNGEN			
	LEERLAUF	BEARBEIT.	KURZSCHLUSS	DURCHSTOSS
BETRIEBS- SPANNUNGS- MUSTER	(+6v)	(+6) → (+3 ~ -3)	(+3 ~ -3) → (-6) → (+6)	(+3 ~ -3) → (+6)
AUSGANGS- SIGNAL				
BEARBEIT. TIEFE	GRÖSSTE (BEARBEIT.- TIEFE)	GRÖSSTE (BEARBEIT.- TIEFE)	NICHT GRÖSSTE (BEARBEIT.- TIEFE)	GRÖSSTE (BEARBEIT.- TIEFE)
AUSGANGS- SIGNAL				

FIG. 7

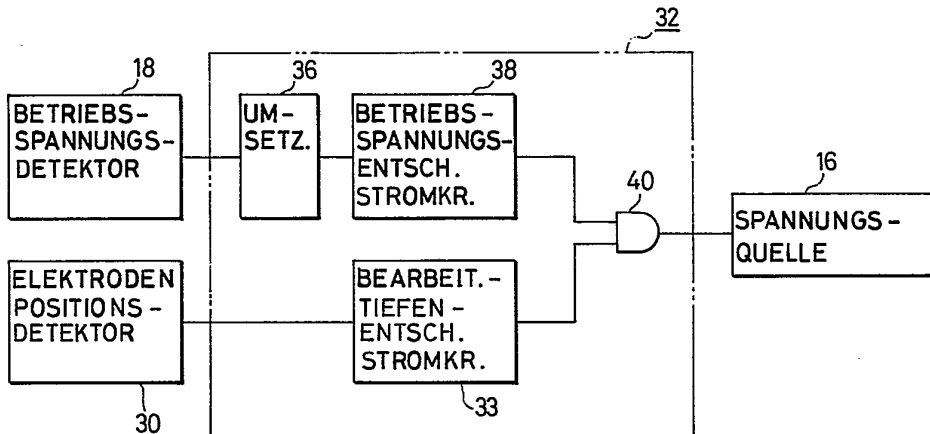


FIG. 8

DETEKTIONS-FAKTOR	ARBEITSBEDINGUNGEN			
	LEERLAUF	BEARBEIT.	KURZSCHLUSS	DURCHSTOSS
BETRIEBS-SPANNUNGS-MUSTER	(+6v)	(+6) → (+3 ~ -3)	(+3 ~ -3) → (-6) → (+6)	(+3 ~ -3) → (+6)
AUSGANGS-SIGNAL				
ELEKTRODEN-VORSCHUB-GESCHW.	HOCH (LEERLAUF-GESCHW.)	NIEDRIG (ARBEITS-GESCHW.)	HOCH (LEERLAUF-GESCHW.)	HOCH (LEERLAUF-GESCHW.)
AUSGANGS-SIGNAL				

FIG. 9

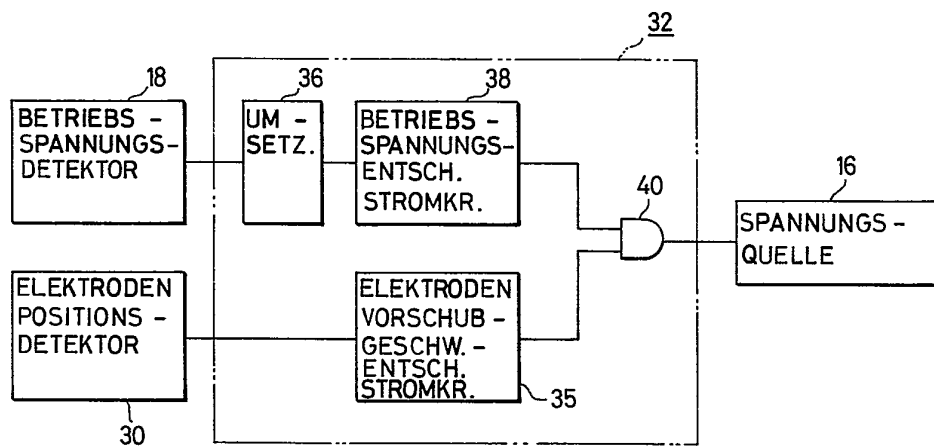


FIG. 10

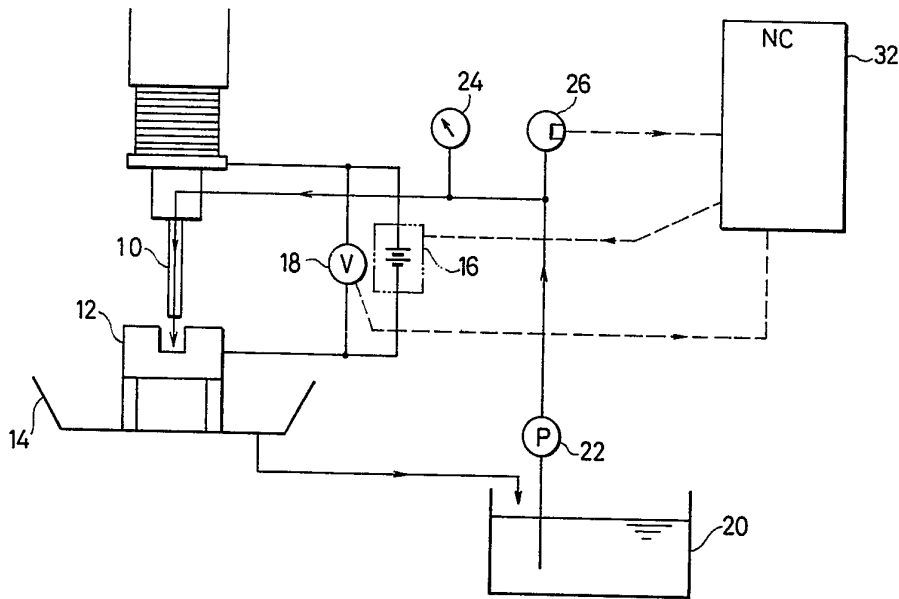


FIG. 11

DETEKTIONS FAKTOR	ARBEITSBEDINGUNGEN			
	LEERLAUF	BEARBEIT.	KURZSCHLUSS	DURCHSTOSS
BETRIEBS - SPANNUNGS - MUSTER AUSGANGS - SIGNAL	(+6v)	(+6)→(+3~-3)	(+3~-3)→(-6) →(+6)	(+3~-3)→(+6)
BEARBEIT. LÖSUNGS - DRUCK AUSGANGS - SIGNAL	LEERLAUF DRUCK	GEGEBENER DRUCK	ABGESENKT	ABGESENKT

FIG. 12

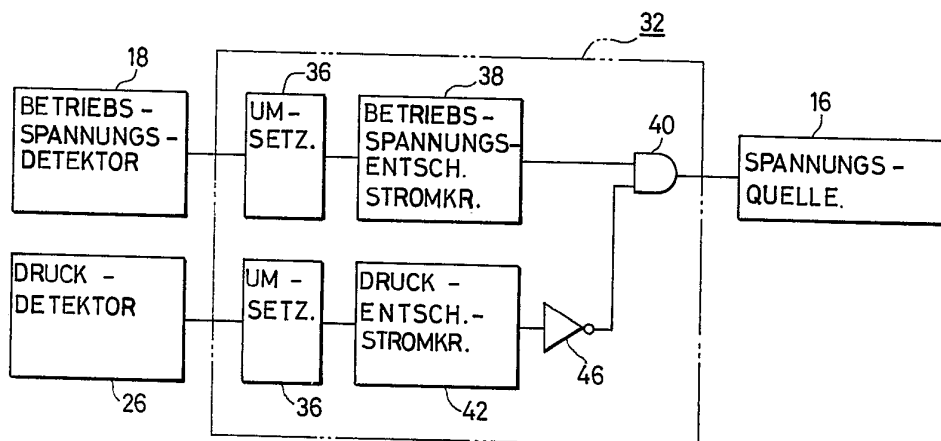


FIG. 13

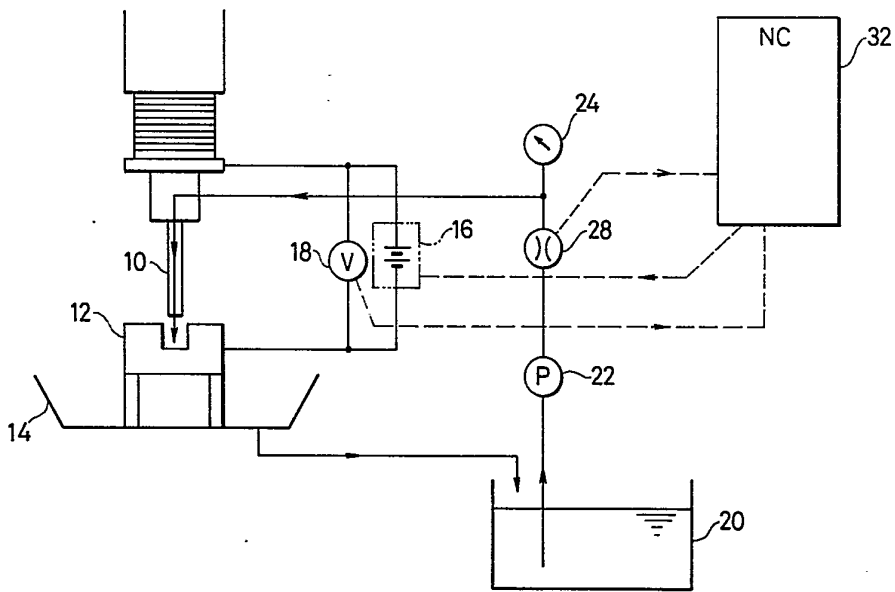


FIG. 14

DETEKTIONS FAKTOR	ARBEITSBEDINGUNGEN			
	LEERLAUF	KURZSCHLUSS	DURCHSTOSS	DURCHSTOSS
BETRIEBS- SPANNUNGS- MUSTER	(+6v)	(+6)-(+3~-3)	(+3~-3)-(-6) →(+6)	(+3~-3)-(+6)
AUSGANGS-H L SIGNAL				
BEARBEIT. LÖSUNGS- STRÖMUNG	LEERLAUF	GEBEBENER	STRÖMUNGS- ZUNAHME	STRÖMUNGS- ZUNAHME
AUSGANGS-H L SIGNAL	STRÖMUNGS- WERT	STRÖMUNGS- WERT		

FIG. 15

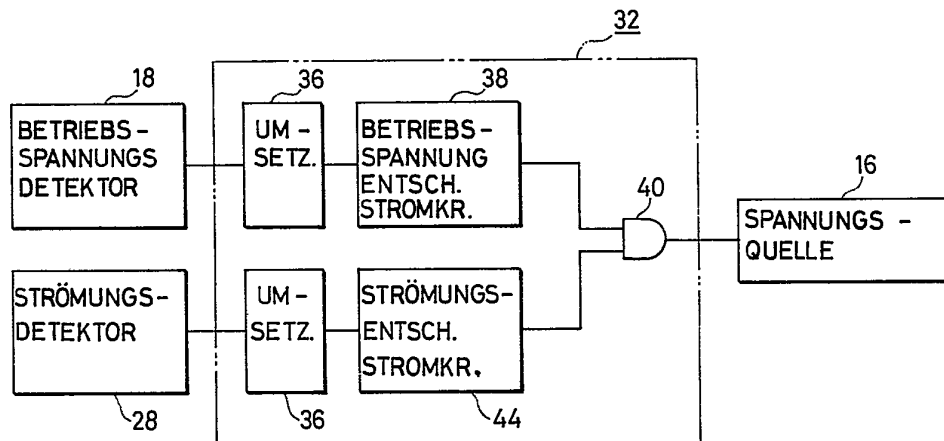


FIG. 16

DETEKTIONSFAKTOR	ARBEITSBEDINGUNGEN			
	LEERLAUF	BEARBEIT.	KURZSCHLUSS	DURCHSTOSS
BETRIEBS- SPANNUNGS- MUSTER AUSGANGS- SIGNAL	(+6v)	(+6) → (+3 ~ -3)	(+3 ~ -3) → (-6) → (+6)	(+3 ~ -3) → (+6)
ELEKTRODEN- BEWEGUNGS- RICHTUNG AUSGANGS- SIGNAL	ABWÄRTS	ABWÄRTS	ABWÄRTS → AUFWÄRTS	ABWÄRTS

FIG. 17

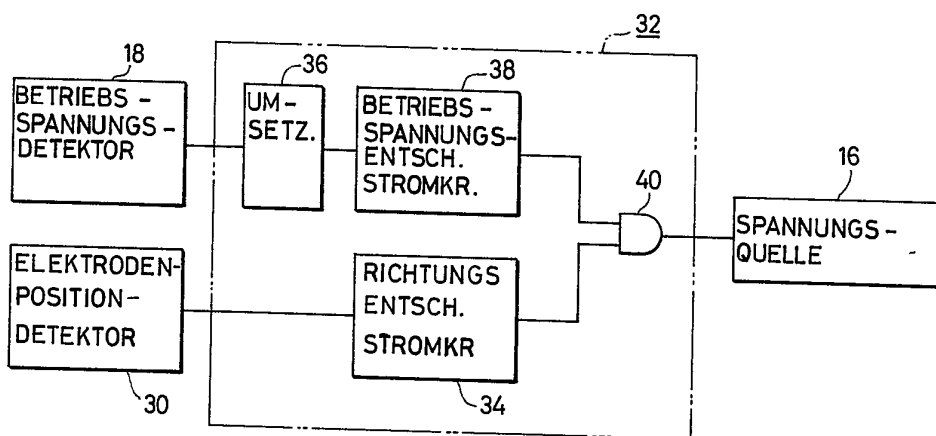


FIG. 18

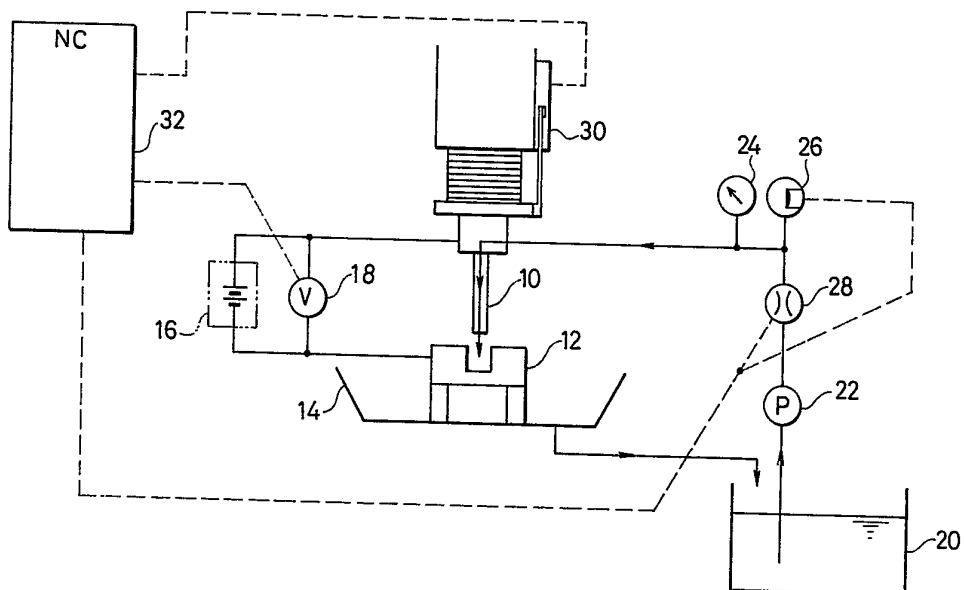


FIG. 19A

	DETEKTIO. FAKTOR	ARBEITSBEDINGUNGEN			
		LEERLAUF	BEARBEITUNG	KURZ-SCHLUSS	DURCHSTOSS
ERSTER DETEKTIONS FAKTOR	BETRIEBS- SPANNUNGS- MUSTER	(+6v)	(+6)→(+3~-3)	(+3~-3)→(-6) →(+6)	(+3~-3)→(+6)
	AUSGANGS- SIGNAL				
HILFS- DETEKTIONS FAKTOR	GRÖSSTE BEARBEIT. TIEFE	GRÖSSTE BEARBEIT. TIEFE	GRÖSSTE BEARBEIT. TIEFE	NICHT GRÖSSTE BEARBEIT. TIEFE	GRÖSSTE BEARBEIT. TIEFE
	AUSGANGS- SIGNAL				
	ELEKTRODEN VORSCHUB- GESCHW.	HOCH LEERLAUF - GESCHW.)	NIEDRIG (ARBEITS - GESCHW.)	HOCH (LEERLAUF- GESCHW.)	HOCH (LEERLAUF- GESCHW.)
	AUSGANGS- SIGNAL				

FIG. 19B

	DETEKTIONS- FAKTOR	ARBEITSBEDINGUNGEN			
		LEERLAUF	BEARBEITUNG	KURZSCHLUSS	DURCHSTOSS
HILFS - DETEKTIONS FAKTOREN	ELEKTRODEN BEWEGUNGS- RICHTUNG	ABWÄRTS	ABWÄRTS	ABWÄRTS AUFWÄRTS	ABWÄRTS
	AUSGANGS- SIGNAL				
	BEARBEITUNGS LÖSUNGS - STRÖMUNG	LEERLAUF - STRÖMUNGS- WERT	GEGEBENER STRÖMUNGS- WERT	STRÖMUNGS- ZUNAHME	STRÖMUNGS- ZUNAHME
	AUSGANGS- SIGNAL				
	BEARBEITUNGS LÖSUNGS - DRUCK	LEERLAUF DRUCK	GEGEBENER STRÖMUNGS- WERT	ABGESENKT	ABGESENKT
	AUSGANGS- SIGNAL				

FIG. 20

