CH 694 960 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 694 960 A5

(51) Int. Cl.[7]: B 23 H 007/02

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

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 00742/03

(22) Anmeldungsdatum: 14.02.2001

(24) Patent erteilt: 14.10.2005

(45) Patentschrift veröffentlicht: 14.10.2005

(73) Inhaber:
Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha
No. 2-3, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8310 (JP)

(72) Erfinder:
Akihiro Goto
2-3, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8310 (JP)
Munenori Kimura
2-3, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8310 (JP)

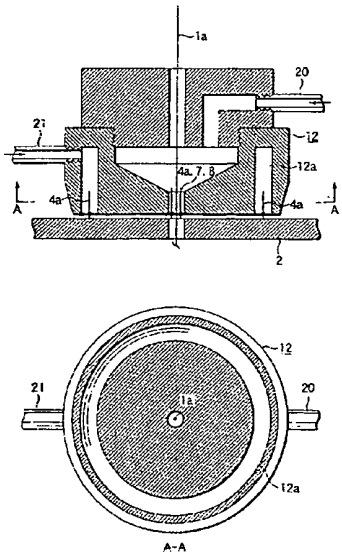
(74) Vertreter:
Bovard AG, Patentanwälte, Optingenstrasse 16
3000 Bern 25 (CH)

(86) Internationale Anmeldung:
PCT/JP 2001/001034 (Ja)

(87) Internationale Veröffentlichung:
WO 2002/064299 22.8.2002

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion.

(57) Eine Vorrichtung zur Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion zum Bearbeiten eines Werkstückes (2) durch Anlegen elektrischer Entladungsenergie, geliefert von Mitteln zur Zufuhr elektrischer Bearbeitungsenergie, an einen Spalt zwischen einer Drahtelektrode (1a) und dem Werkstück (2), wobei Positioniermittel die Drahtelektrode (1a) relativ zum Werkstück bewegen, weist Mittel zur Zufuhr von Fluid (12) auf, in denen Mittel zur Zufuhr einer Arbeitsflüssigkeit (4a) zum Spalt, Mittel zur Zufuhr eines Nebels (7) zum Spalt, und Mittel zur Zufuhr eines Gases (8) zum Spalt sowie Mittel zur Zufuhr der Arbeitsflüssigkeit als Kühlmittel zum Kühlen des Werkstückes (2) vereinigt sind und als einstückiges Bauteil vorliegen. Es ist möglich, eine Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion auszuführen, mit welcher eine höhere Genauigkeit und bessere Qualität erzielt werden.



Beschreibung

Gebiet der Technik

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Verbesserungen bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion, wobei ein Werkstück durch elektrische Entladungsenergie bearbeitet wird, indem man elektrische Energie über einen Spalt zwischen einer Drahtelektrode und dem Werkstück einwirken lässt.

Stand der Technik

Die Bearbeitung durch Elektroerosion hat sich einen festen Platz als Bearbeitungsverfahren geschaffen, beispielsweise für Giess- und Spritzformen, und wird sehr häufig in der Automobilindustrie, der Industrie zur Herstellung von Haushaltgeräten, der Halbleiterindustrie u.a. angewendet.

Fig. 7 ist ein Schema, welches den Mechanismus der Bearbeitung durch Elektroerosion erläutert. In der Zeichnung haben die Bezugszeichen die folgende Bedeutung: 1 eine Elektrode; 2 ein Werkstück; 3 eine Lichtbogensäule; 4 eine Arbeitsflüssigkeit; und 5 Bearbeitungsspäne, die bei der Bearbeitung durch Elektroerosion anfallen. Die spanabhebende Bearbeitung durch elektrische Entladung im Werkstück 2 schreitet fort, während sich der gezeichnete Zyklus wiederholt (entsprechend den Schritten (a) bis (e) in Fig. 7), nämlich gemäss der folgenden Schritte (a) bis (e): In Schritt (a) ist die Bildung der Lichtbogensäule 3 auf Grund einer elektrischen Entladung gezeigt, in (b) das örtliche Aufschmelzen und das Verdampfen der Arbeitsflüssigkeit 4 aufgrund der Wärmeenergie der elektrischen Entladung, (c) das Auftreten einer explosionsartigen Verdampfung der Arbeitsflüssigkeit 4, (d) das Abschleudern geschmolzener Anteile (Bearbeitungsspäne 5) und (e) das Abkühlen, das Verfestigen und die Neubildung einer Isolation zwischen den Elektroden auf Grund der Anwesenheit der Arbeitsflüssigkeit.

Die vorliegende Erfindung betrifft das Bearbeiten durch Elektroerosion, welche beim Bohren, Schneiden und anderen Arbeitsgängen durch Elektroerosion angewandt wird. Insbesondere besteht eine wachsende Nachfrage nach höherer Präzision der Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion und bei der Herstellung von hochpräzisen Spritzdüsen und Giessformen, die in der Halbleiterindustrie und anderen verwendet werden. Dies verlangt eine hohe Bearbeitungsgenauigkeit in der Grössenordnung von 1 bis 2 µm.

Fig. 8 zeigt als schematische Erklärung ein Beispiel des Bearbeitungsverfahrens bei der Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion. In der Zeichnung bezeichnen das Bezugszeichen 1a eine Drahtelektrode, 2 das Werkstück, 4a eine Bearbeitungsflüssigkeit, welche beispielsweise Wasser ist, und 6 ein Anfangsloch. Die Teilzeichnung (a) in Fig. 8 zeigt die Phase eines ersten Schnittes, der eine rohe Bearbeitung darstellt, die Teilzeichnung (b) in Fig. 8 die Phase eines zweiten Schnittes, der eine Halbfertigbearbeitung nach der Rohbearbeitung darstellt, und Teilzeichnung (c) in Fig. 8 den Zustand eines dritten Schnittes, der die endgültige Feinbearbeitung darstellt.

Das Beispiel der Bearbeitung beim ersten Schnitt in der Teilzeichnung (a) in Fig. 8 zeigt die Bearbeitung, bei der die Drahtelektrode 1a durch das Anfangsloch 6 hindurchgeführt und das Werkstück 2 gebohrt wird. Im Falle eines solchen ersten Schnittes werden eine gute Oberflächenglätte und Genauigkeit nicht gefordert, da die Beschaffenheit der Oberfläche und die Genauigkeit in nachfolgenden Bearbeitungsschritten ausgeführt werden, und es ist hier wichtig, die Bearbeitungsgeschwindigkeit zu erhöhen, insbesondere um die Produktivität zu steigern. Bei der Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion wird das Einspritzen der Arbeitsflüssigkeit 4a in den Spalt zwischen der Drahtelektrode 1a und dem Werkstück 2 ausgeführt, um die Bearbeitungsgeschwindigkeit zu erhöhen und die Bearbeitungsabfälle wirksam aus dem Spalt abzuführen. Zusätzlich wird ein Verfahren angewendet, bei dem die Arbeitsflüssigkeit 4a in einem nicht dargestellten Behälter aufbewahrt und das Werkstück 2 in diese Flüssigkeit eingetaucht wird, um die Ungleichmässigkeit der Zufuhr von Arbeitsflüssigkeit 4a zum Spalt zu verhindern und einen Bruch der Drahtelektrode 1a zu vermeiden. Es wird daher ein Organ zur Zufuhr von Arbeitsflüssigkeit zum Spalt zwischen der Drahtelektrode 1a und dem Werkstück 2 vorgesehen. Bei der oben beschriebenen üblichen Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion werden die zweite Phase (Teilzeichnung (b) in Fig. 8) und der dritte Schnitt (Teilzeichnung (c) in Fig. 8) nach dem ersten Schnitt (Teilzeichnung (a) in Fig. 8) ebenfalls in der Arbeitsflüssigkeit 4a ausgeführt.

Wenn eine Spannung über den Spalt zwischen der Drahtelektrode 1a und dem Werkstück 2 angelegt wird, wirkt eine Kraft, bei der die positive Polarität und die negative Polarität sich gegenseitig anziehen, so dass die Drahtelektrode 1a, die nur eine geringe Starrheit aufweist, gegen die Seite des Werkstückes 2 durch diese elektrostatische Kraft gezogen wird. Dadurch wird die Drahtelektrode 1a in Schwingungen versetzt, so dass ein Problem besteht, nämlich dass eine hochpräzise Bearbeitung wegen solcher Schwingungen schwierig zu verwirklichen ist.

Ausserdem wirkt in der Phase, in der die Explosivkraft infolge Verdampfung der Arbeitsflüssigkeit durch die Entladungsenergie erzeugt wird (beispielsweise Teilzeichnung (c) in Fig. 7) eine grosse Kraft auf die Drahtelektrode 1a in einer Richtung ein, die vom Werkstück 2 weg gerichtet ist, so dass Schwingungen auftreten. Dadurch trat ein Problem dahingehend auf, dass sich Unregelmässigkeiten an der Form des Werkstückes 2 aufgrund solcher Schwingungen gezeigt haben, wodurch weiterhin die Genauigkeit herabgesetzt wird.

Die Anwendungen der Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion weiten sich ausserdem in der Halbleiterindustrie und verwandten Industrien aus, welche Anwendungsgebiete der Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion darstellen, beispielsweise zur Bearbeitung von Spritzformen für Leitrahmen an integrierten Schaltungen, und bei diesen Anwendungen werden eine ausserordentlich hohe Genauigkeit und sehr glatte Flächen am Werkstück verlangt, wobei diese

Genauigkeit etwa 1 µm und die Oberflächenrauigkeit Rmax 1 µm oder weniger beträgt. Insbesondere ist bei solchen Anwendungen das oben angesprochene Problem, welches auf den Schwingungen und ähnlichen Deformationen der Drahtelektrode beruht, besonders ausgeprägt.

Als eine Massnahme zum Überwinden solcher Probleme bei der Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion in einer Flüssigkeit ist eine Arbeitsweise entwickelt worden, welche die Bearbeitung durch Elektroerosion mit in Luft geführten Drähten betrifft, bei der die Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion in der Atmosphäre ohne Anwesenheit einer Arbeitsflüssigkeit im Spalt zwischen der Drahtelektrode und dem Werkstück durchgeführt wird (Adachi, Tokyo University of Agriculture and Technology u. Koll.: «Attaining High Precision in Second Cuts by Aerial EDM», Die & Mold Technology, Bd. 14, Nr. 7, 1999, S. 154, The Nikkan Kogyo Shimbun, Ltd.). Bei dieser Arbeitsweise wird berichtet, dass die Genauigkeit der Geradlinigkeit von Schnittflächen an Werkstücken durch eine Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion in der Atmosphäre verbessert werden kann. Obschon die Bedeutung vom Gesichtswinkel, eine höhere Genauigkeit zu erreichen, im Vergleich mit der üblichen Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion in einer Arbeitsflüssigkeit gross ist, stellt es sich jedoch als unmöglich heraus, das Abkühlen mittels der Arbeitsflüssigkeit anzuwenden (siehe Teilzeichnung (e) in Fig. 7), d.h. in Fällen, bei denen die Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion in einer solchen Atmosphäre oder aber in einer Nebelumgebung ausgeführt wird. Es ist daher unmöglich, den Spalt zwischen der Drahtelektrode und dem Werkstück ausreichend zu kühlen, und die Bearbeitung schreitet in der Phase voran, bei der thermische Beanspruchungen im Werkstück wegen der durch die elektrische Entladung erzeugten Wärme aufgetreten sind. Es besteht also eine Schwierigkeit darin, dass diese Arbeitsweise keine Anwendungen berücksichtigen kann, bei denen eine ausserordentlich hohe Genauigkeit und eine sehr glatte Oberfläche an den Werkstücken erforderlich sind, beispielsweise jene, die oben genannt wurden.

Beschreibung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung richtet sich darauf, die oben angesprochenen Probleme zu überwinden, und es ist ihre Aufgabe, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion zu schaffen, die eine hohe Genauigkeit und eine hohe Qualität bei der Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion gewährleisten.

Das erfindungsgemässe Verfahren zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion ist ein Verfahren zur Bearbeitung eines Werkstückes mittels Draht-Elektroerosion durch Erzeugung einer elektrischen Entladung in einem Spalt zwischen einer Drahtelektrode und dem Werkstück, bei dem die Bearbeitung unter einer Kombination von mindestens zwei Bearbeitungsarten von den nachstehend genannten drei Bearbeitungsarten erfolgt, nämlich Bearbeitung in einer Arbeitsflüssigkeit, Bearbeitung in einem Nebel und Bearbeitung in einem Gas, und falls die Bearbeitung in dem Nebel und/oder dem Gas erfolgt, wird sie unter Kühlung des Werkstückes vorgenommen.

Die Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion zur Bearbeitung eines Werkstückes durch Zufuhr elektrischer Entladungsenergie in einen Spalt zwischen einer Drahtelektrode und dem Werkstück durch Mittel zum Zuführen elektrischer Bearbeitungsenergie und unter einer Relativbewegung zwischen der genannten Drahtelektrode und dem Werkstück, bewirkt durch Positioniermittel, wobei diese Vorrichtung folgende Bestandteile aufweist: Mittel zur Zufuhr von Arbeitsfluid, welche mindestens zwei Arbeitsfluide zuführen, ausgewählt aus Mitteln, die dazu eingerichtet sind, eine Arbeitsflüssigkeit in den Spalt zu leiten, Mitteln zur Zufuhr eines Nebels in den Spalt, und Mitteln zur Zufuhr eines Gases in den Spalt, sowie Mittel zur Zufuhr eines Kühlmittels zwecks Kühlen des Werkstückes.

Ausserdem ist die erfindungsgemässe Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion eine Vorrichtung zur Bearbeitung eines Werkstückes durch Zufuhr elektrischer Entladungsenergie in einen Spalt zwischen einer Drahtelektrode und dem Werkstück, bewirkt durch Mittel zum Zuführen elektrischer Bearbeitungsenergie und durch Relativbewegung zwischen der genannten Drahtelektrode und dem Werkstück, bewirkt durch Positioniermittel, wobei die Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion folgende Bauteile aufweist: Mittel zur Zufuhr von Arbeitsfluiden, welche mindestens zwei Arbeitsfluide zuführen, ausgewählt aus Mitteln, welche dazu eingerichtet sind, eine Arbeitsflüssigkeit in den Spalt zu leiten, Mitteln zur Zufuhr eines Nebels in den Spalt, und Mitteln zur Zufuhr eines Gases in den Spalt; Mittel zur Zufuhr eines Kühlmittels zwecks Kühlen des Werkstückes; und Steuerungsmittel zur Steuerung eines Wechsels zwischen den genannten Zufuhrmitteln, nämlich den Mitteln zur Zufuhr der Arbeitsflüssigkeit zum Bearbeitungsspalt, den Mitteln zur Zufuhr des Nebels zum Bearbeitungsspalt und den Mitteln zur Zufuhr des Gases zum Bearbeitungsspalt, und zur Steuerung der Zufuhr von Kühlmittel zum Werkstück mittels der genannten Kühlmittel-Zufuhrmittel während der Zufuhr des Nebels zum Bearbeitungsspalt durch die genannten Nebel-Zufuhrmittel oder während der Zufuhr des Gases zum Bearbeitungsspalt durch die genannten Gas-Zufuhrmittel, in Übereinstimmung mit der Produktivität und der für das Werkstück erforderlichen Genauigkeit usw.

Weiterhin leitet bei der erfindungsgemässen Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion die genannten Mittel zur Zufuhr von Arbeitsfluid dieses entlang der genannten Drahtelektrode in den Spalt, und die genannten Mittel zur Zufuhr von Kühlmittel spritzen dieses ausserhalb des Arbeitsfluids gegen das Werkstück.

Ausserdem sind bei der erfindungsgemässen Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion Mittel zur Zufuhr von Fluid vorgesehen, bei denen die genannten Mittel zur Zufuhr von Arbeitsfluid und jene zur Zufuhr von Kühlmittel miteinander vereinigt und einstückig geformt sind. Zusätzlich führen bei

der erfindungsgemässen Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion die Mittel zur Zufuhr von Bearbeitungsflüssigkeit diese Flüssigkeit mittels einer Pumpe aus einem Vorratsbehälter dem Bearbeitungsspalt zu; die Mittel zur Zufuhr von Gas führen dieses Gas, beispielsweise Luft, nach Komprimieren in einem Kompressor dem Bearbeitungsspalt zu; und die Mittel zur Zufuhr von Nebel erzeugen einen Nebel, indem sie die von den Mitteln zur Zufuhr von Arbeitsflüssigkeit herangeführte Arbeitsflüssigkeit mit dem Gas vermischen, das von den Mitteln zur Gaszufuhr herangebracht wird, und den Nebel dann in den Bearbeitungsspalt einleiten.

Weiterhin setzen in der erfindungsgemässen Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion die genannten Mittel zur Zufuhr von Kühlmittel die Arbeitsflüssigkeit im genannten Vorratsbehälter für Arbeitsflüssigkeit mittels der genannten Pumpe unter Druck und führen dann die Arbeitsflüssigkeit dem Bearbeitungsspalt zu. Zusätzlich weist die erfindungsgemässe Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion Kühlmittel zur Kühlung des vom Kompressor komprimierten Gases auf.

Ausserdem werden bei der erfindungsgemässen Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion die Kühlmittel durch Verwendung eines Wärmeaustausches gebildet, der im Vorratsbehälter der Arbeitsflüssigkeit angeordnet ist.

Da das Verfahren und die Vorrichtung zur Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion wie oben beschrieben ausgestaltet ist, nämlich wobei die Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion in einem Gas oder einem Nebel stattfindet, ist es möglich, das Werkstück wirksam zu kühlen und thermische Beanspruchungen im Werkstück zu vermeiden, so dass der Vorteil auftritt, dass das Bearbeiten durch Draht-Elektroerosion derart möglich wird, dass eine hohe Genauigkeit und eine hohe Qualität erzielt werden. Zusätzlich zeigt sich der Vorteil, dass es möglich ist, die erforderlichen Vorgaben einzuhalten, indem die Bearbeitung durch eine Kombination der Arbeitsflüssigkeit, im Nebel und im Gas vorgenommen wird, was zu höherer Produktivität, höherer Genauigkeit des Werkstückes usw. führt.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist ein Schema, welches ein Beispiel eines Verfahrens zur Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion nach einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

Fig. 2 veranschaulicht als schematische Zeichnung eine Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion nach der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 ist ein Schema zur Veranschaulichung des Aufbaus von Mitteln zur Zufuhr von einem Fluid zur Bearbeitungsvorrichtung mittels Draht-Elektroerosion gemäss der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 zeigt als Diagramm eine Erläuterung eines Verfahrens zur Zufuhr des Fluids zu den Mitteln zur Fluidzufuhr der Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion in Übereinstimmung mit der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 ist ein Schema zur Erläuterung eines Verfahrens zur Zufuhr des Fluids zu den Fluidzufuhrmitteln der Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion gemäss einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 6 zeigt als Diagramm die Erläuterung eines Verfahrens zur Zufuhr des Fluids zu den Fluidzufuhrmitteln der Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion gemäss einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 7 ist ein Schema des Bearbeitungsverfahrens bei der Draht-Elektroerosion.

Fig. 8 ist ein Schema, welches ein Beispiel des Bearbeitungsverfahrens einer Draht-Elektroerosion zeigt.

Beste Ausführungsformen der Erfindung

Erste Ausführungsform

Fig. 1 zeigt als erläuterndes Schema ein Beispiel eines Verfahrens zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion gemäss einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In der Zeichnung stellen die Bezugszeichen folgende Bauteile dar: 1a eine Drahtelektrode, 2 ein Werkstück, 4a eine Arbeitsflüssigkeit, welche beispielsweise Wasser ist, und 6 ein Anfangsloch. Das Bezugszeichen 7 stellt einen Nebel, beispielsweise einen Wassernebel, und das Bezugszeichen 8 ein Gas wie beispielsweise Luft dar. Fig. 1(a) zeigt einen ersten Schnitt, der eine Rohbearbeitung darstellt. Fig. 1(b) zeigt einen zweiten Schnitt, der eine Halbfertigbearbeitung nach der Rohbearbeitung darstellt. Fig. 1(c) zeigt einen dritten Schnitt, der die endgültige Bearbeitung wiedergibt. Die Bezeichnungen erster Schnitt, zweiter Schnitt und dritter Schnitt sind aus Bequemlichkeitsgründen gewählt, und es ist nicht erforderlich, dass die Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion mit drei Bearbeitungsschritten abgeschlossen ist. Bei einer Bearbeitung, bei der die für das Werkstück geforderte Genauigkeit niedrig ist, gibt es Fälle, bei denen die Bearbeitung schon nach dem ersten Arbeitsgang oder aber nach dem ersten und dem zweiten Arbeitsgang beendet ist; bei Bezugszeichen, bei denen die am Werkstück geforderte Präzision hoch ist, gibt es Fälle, die zur endgültigen Bearbeitung sieben oder sogar acht Schritte benötigen.

Nun soll im Nachfolgenden eine Beschreibung des allgemeinen Bearbeitungsverfahrens gegeben werden. Der erste in Fig. 1(a) gezeigte Schnitt ist eine Bearbeitung, bei der die Drahtelektrode 1a durch das Anfangsloch 6 geführt und das Werkstück 2 gebohrt wird. Im ersten Schnitt sind eine gute Oberflächenglätte und Genauigkeit nicht so sehr notwendig, da die Oberflächenglätte und die Genauigkeit bei der nachfolgenden Bearbeitung erzielt werden, und es ist wichtig, dass im ersten Schritt insbesondere die Bearbeitungsgeschwindigkeit hoch ist, um die Produktivität zu verbessern. Auf die gleiche Art wie in Fig. 8, welche den Stand der Technik betrifft, wird die Bearbeitung ausgeführt, während sich Arbeitsflüssigkeit 4a in einem Spalt zwischen der Drahtelektrode 1a und dem Werkstück 2 befindet und dort durch die Mittel zur Zufuhr der Arbeitsflüssigkeit in den Spalt

herangebracht wird. Als Mittel zur Zufuhr der Arbeitsflüssigkeit verwendet man mindestens eines der nachstehenden Mittel, nämlich das Lagern der Arbeitsflüssigkeit 4a in einem Bearbeitungsbehälter, in den das Werkstück 2 eingetaucht wird, und ein Mittel zum Einspritzen der Arbeitsflüssigkeit 4a in den Spalt zwischen den Elektroden.

Bei einer normalen Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion schreitet die Bearbeitung fort, während die Arbeitsflüssigkeit von den Mitteln zur Zufuhr der Arbeitsflüssigkeit in den Spalt eingeleitet wird, selbst nach dem ersten Schnitt. Da jedoch Schwierigkeiten auftreten, beispielsweise die Schwingungen der Drahtelektrode, wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist, eignet sich die normale Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion für eine hochpräzise Bearbeitung nicht.

Bei der vorliegenden Erfindung wird die Bearbeitung ausgeführt, ohne dass sich Arbeitsflüssigkeit im Spalt während der Endbearbeitung befindet, so dass die Genauigkeit und die Oberflächengüte des Werkstückes verbessert werden.

Beim zweiten Schnitt, der in Fig. (b) gezeigt ist und die Halbfertigbearbeitung darstellt, wird diese Bearbeitung nicht in der Arbeitsflüssigkeit 4a, sondern im Nebel 7 ausgeführt, um eine Vibration der Drahtelektrode 1a zu verhindern und die Formgenauigkeit der Bearbeitung zu verbessern. Die Bearbeitungsgeschwindigkeit im Nebel 7 ist keinesfalls niedriger als diejenige in einer Arbeitsflüssigkeit 4a, und die Genauigkeit der Bearbeitung steigt, da keine Vibration der Drahtelektrode 1a, welche auf elektrostatischen Kräften beruht, auftritt. Die Bearbeitung im Nebel 7 kann durch Einsprühen eines Nebels in den Spalt zwischen der Drahtelektrode 1a und dem Werkstück 2 geschehen, beispielsweise durch nicht dargestellte Mittel zur Zufuhr von Nebel.

Weiterhin kann im Falle des dritten Schnittes, der in Fig. 1 (c) gezeichnet ist und die Endbearbeitung darstellt, die Vibration der Drahtelektrode durch die Ausführung der elektrischen Entladung in einem Gas 8 weiter vermindert werden. Die Bearbeitung im Gas 8 kann in der Atmosphäre geschehen oder durch Einleiten eines Gases mit vorbestimmter Zusammensetzung in den Spalt zwischen der Drahtelektrode 1a und dem Werkstück 2 mittels nicht dargestellter Gaszufuhrmittel.

Der Grund dafür, dass durch die oben beschriebene Bearbeitung mittels Elektroerosion im Nebel 7 und im Gas 8 eine hohe Genauigkeit erzielt werden kann, ist folgender. Da die elektrostatische Kraft, die im Spalt zwischen der Drahtelektrode 1a und dem Werkstück 2 wirkt, wenn eine Spannung am Spalt angelegt wird, der Dielektrizitätskonstante im Spalt proportional ist, und wenn eine Berechnung unter der Annahme angestellt wird, dass die Länge des Spaltes gleich ist, wenn der Spalt durch Nebel 7 oder Gas 8 gefüllt ist, beträgt die elektrostatische Kraft nur etwa 1/10 verglichen mit einer Bearbeitung, bei der der Spalt zwischen den Elektroden mit Arbeitsflüssigkeit 4a angefüllt ist. Die Dielektrizitätskonstante im Vakuum am kleinsten, und diejenige in Wasser beträgt etwa das 80fache gegenüber der Vakuum-Dielektrizitätskonstante. Zusätzlich tritt Folgendes auf: Da die Explosivkraft bei der Verdampfung, verursacht durch die elektrische Entladung, von der Flüssigkeit erzeugt wird, die sich zwischen den Elektroden befindet, wird die Drahtelektrode 1a praktisch nicht durch eine explosive Verdampfung beeinflusst, wenn sich nur der Nebel 7 oder das Gas 8 im Spalt befindet.

Durch eine elektrische Entladung im Nebel 7 oder dem Gas 8 kann demgemäss eine hochpräzise Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion erreicht werden, und es wird möglich, die erforderlichen Vorgaben zu erfüllen, indem man eine Bearbeitung zunächst in der Arbeitsflüssigkeit, dann im Nebel und schliesslich im Gas vornimmt, wobei die genannten Vorgaben die Produktivität, die erforderliche Genauigkeit am Werkstück u.a. sind.

Fig. 2 zeigt schematisch eine Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion gemäss der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In der Zeichnung bedeuten die Bezugszeichen: 1a die Drahtelektrode, 2 das Werkstück, 4a die Arbeitsflüssigkeit, welche beispielsweise Wasser ist, 7 den Nebel, 8 das Gas, 9 einen Tisch zur Befestigung des Werkstückes 2, 11 eine Drahtspule, 12 Mittel zur Zufuhr eines Fluids, 13 eine Abzugsrolle, 14 eine Gegenrolle, 15 einen X-Tisch zur Verschiebung des Werkstückes 2 in Horizontalrichtung (X-Richtung), 16 einen Y-Tisch zum Verschieben des Werkstückes 2 in einer anderen horizontalen Richtung (Y-Richtung), 17 einen Servoverstärker der X-Achse zur Steuerung eines nicht dargestellten Antriebsmotors zum Antrieb des X-Tisches 15, 18 einen Servoverstärker der X-Achse zur Steuerung eines nicht dargestellten Antriebsmotors zum Antrieb des Y-Tisches 16, und 19 die Steuermittel. Die Drahtelektrode 1a wird zwischen der Abzugsrolle 13 und der Gegenrolle 14 eingeklemmt und von dieser Vorrichtung abgezogen, die elektrische Bearbeitungsenergie wird über den Spalt zwischen der Drahtelektrode 1a und dem Werkstück 2 durch nicht dargestellte Mittel zur Zufuhr elektrischer Bearbeitungsenergie angelegt, während die Drahtelektrode 1a sich bewegt, und die Bearbeitung des Werkstücks 2 wird vorgenommen, während eine Relativbewegung zwischen der Drahtelektrode 1a und dem Werkstück 2 mittels des X-Tisches und des Y-Tisches stattfindet, welche Positionierungsmittel darstellen.

Fig. 3 zeigt als Erläuterung schematisch den Aufbau der Fluid-Zufuhrmittel 12 der Vorrichtung zur Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion nach der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Fig. 3 (a) ist ein senkrechter Querschnitt und Fig. 3 (b) ein waagerechter Querschnitt entlang der Linie A–A in Fig. 3 (a). In Fig. 3 bezeichnet das Bezugszeichen 2 das Werkstück, 4a die Arbeitsflüssigkeit, welche beispielsweise Wasser ist, 7 den Nebel, 8 das Gas, 12 die Mittel zur Zufuhr von Fluid und 12a eine Nut in den Fluid-Zufuhrmitteln 12, die konzentrisch an der Aussenseite der Öffnung angeordnet ist, durch welche die Drahtelektrode 1a hindurchgeht, so dass die Arbeitsflüssigkeit 4a, welche eine Kühlflüssigkeit darstellt, in Richtung des Werkstückes 2 strömen kann. Die Bezugszeichen 20 und 21 bezeichnen Verbindungsstücke.

Fig. 4 ist eine schematische Darstellung zur Erläuterung eines Verfahrens, wie das Fluid zu den Fluid-Zufuhrmitteln 12 gelangt. In der Zeichnung bezeichnet die Zahl 4a die Arbeitsflüssigkeit, die beispielsweise aus Wasser besteht, die Zahl 22 einen

Behälter für Arbeitsflüssigkeit, die Zahl 23 einen Kompressor zur Lieferung eines Druckgases zum Spalt zwischen der Drahtelektrode 1a und dem Werkstück 2, und die Zahl 24 eine Temperaturregelung zur Einstellung der Temperatur der Arbeitsflüssigkeit 4a im Flüssigkeitsbehälter 22. Die Bezugszeichen 25 bis 27 bedeuten Ventile und die Zahl 28 eine Pumpe zum Fördern der Arbeitsflüssigkeit 4a, deren Temperatur mittels der Temperaturregelung 24 eingestellt wurde. Wenn die Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion im Gas oder dem Nebel ausgeführt wird, während das Gas 8 oder der Nebel 7 zum Spalt zwischen der Drahtelektrode 1a und dem Werkstück 2 geleitet wird, spritzt man die Arbeitsflüssigkeit 4a, welche das Kühlmittel darstellt, von der Nut 12a der Fluid-Zufuhrmittel 12 in die nähere Umgebung des Spaltes konzentrisch zur Drahtelektrode 1a, indem die Arbeitsflüssigkeit 4a von der Zuleitung 21 in die Mittel zur Fluid-Zufuhr 12 gelangt. Die Einleitung eines solchen Kühlmittels ist nicht auf die konzentrische Form gegenüber der Drahtelektrode 1a begrenzt, und es reicht aus, wenn das Kühlmittel von der Aussenseite des Gases 8 oder des Nebels 7 in Richtung des Werkstückes 2 geleitet wird, wobei das Gas oder der Nebel als Arbeitsfluid an den Spalt geführt wird.

Wenn die Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion im Gas oder im Nebel ausgeführt wird, kann das Werkstück durch Zufuhr der Kühlflüssigkeit in der Nähe des Spaltes gekühlt werden, ohne dass die Arbeitsflüssigkeit 4a in den Spalt eintritt, wenn das Gas 8 oder der Nebel 7 vom Kompressor 23 unter einen hohen Druck gesetzt und in den Spalt geleitet wird. Es ist demgemäss möglich, thermische Beanspruchungen im Werkstück, hervorgerufen durch die Wärme bei der Bearbeitung, wirksam zu vermindern.

Als Nächstes soll nun eine Beschreibung der Vorgänge während der tatsächlichen Bearbeitung gegeben werden. Wenn die Bearbeitung ausgeführt wird, während die Arbeitsflüssigkeit 4a in den Spalt zwischen der Drahtelektrode 1a und dem Werkstück 2 eingeleitet wird, ist das Ventil 25 geschlossen, das Ventil 26 ist geöffnet und das Ventil 27 ist geschlossen, und die Arbeitsflüssigkeit 4a, welche das Arbeitsfluid darstellt, wird dem Anschluss 20 zugeführt. Zusätzlich wird im Falle einer Bearbeitung unter Zufuhr des Gases 8 zum Spalt das Ventil 25 geöffnet, das Ventil 26 geschlossen und das Ventil 27 geöffnet, und das Druckgas 8, welches das Arbeitsfluid darstellt, wird zum Anschluss 20 geleitet, während die Arbeitsflüssigkeit 4a, die das Kühlmittel darstellt, an den Anschluss 21 geführt wird. Wenn weiterhin die Bearbeitung ausgeführt wird, während der Nebel 7 in den Spalt geleitet wird, werden alle Ventile 25, 26 und 27 geöffnet, der Nebel 7, der das Arbeitsfluid darstellt, wird aus dem Druckgas 8 vom Kompressor 23 und der Arbeitsflüssigkeit 24a erzeugt und zum Anschluss 20 geleitet, während die Arbeitsflüssigkeit 4a, welches das Kühlmittel darstellt, zum Anschluss 21 gespeist wird. Der Wechsel zwischen dem Öffnen und dem Schliessen dieser Ventile 25 bis 27 wird von den Steuermitteln 19 ausgeführt.

Wie oben beschrieben wurde, haben die Fluid-Zufuhrmittel 12 (d.h. die Mittel zur Zufuhr von Arbeitsfluid) die Aufgabe von Mitteln zur Zufuhr von Arbeitsflüssigkeit, von Nebelzufuhr und von Gaszufuhr, und ausserdem wirken sie als Mittel zur Zufuhr eines Kühlmittels zwecks Abkühlen des Werkstückes.

Mittels der oben beschriebenen Anordnung kann die Arbeitsflüssigkeit 4a, der Nebel 7 oder das Gas 8 selektiv an den Spalt zwischen der Drahtelektrode 1a und dem Werkstück 2 geführt werden, wodurch sich die erforderliche Bearbeitungsgeschwindigkeit, die Genauigkeit der Bearbeitung usw. ergibt. Gleichzeitig kann das Werkstück 2 im Zuge der Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion im Gas oder im Nebel wirksam gekühlt werden. Da demgemäss keine thermischen Belastungen im Werkstück auftreten, ist es möglich, eine höhere Genauigkeit der Bearbeitung und eine sehr glatte Oberfläche zu erzielen.

Obschon gemäss der oben stehenden Beschreibung die Mittel zur Fluid-Zufuhr 12 als Mittel zur Zufuhr von Arbeitsfluid und zur Zufuhr von Kühlmittel wirken, können natürlich auch die Mittel zur Zufuhr von Arbeitsfluid und jene zur Zufuhr von Kühlmittel voneinander getrennt vorliegen.

Zweite Ausführungsform

Fig. 5 zeigt schematisch eine Erläuterung eines Verfahrens, wie das Fluid zu den Fluidzufuhrmitteln 12 der Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion gemäss einer zweiten Ausführungsform dieser Erfindung ausgestaltet werden kann. Die Anordnung der Vorrichtung zur Draht-Elektroerosion ist ähnlich derjenigen der ersten Ausführungsform, die in Fig. 2 gezeigt ist, und die Anordnung der Mittel zur Zufuhr von Fluid ist ähnlich jener gemäss der ersten Ausführungsform in Fig. 3. In Fig. 5 werden die gleichen Bezugszeichen wie diejenigen in Fig. 4 verwendet, die die erste Ausführungsform veranschaulicht, wenn identische oder entsprechende Teile zu bezeichnen sind, und zusätzlich bezeichnet die Zahl 29 einen Kühler. Ausserdem läuft der Betrieb des Wechsels zwischen Öffnen und Schliessen der Ventile 25 bis 27 ähnlich demjenigen der ersten Ausführungsform ab.

In Fig. 5 wird das Gas, welches im Kühler 29 gekühlt wurde, zum Spalt geleitet, wenn die Bearbeitung durch Elektroerosion ausgeführt wird, während ein Gas in den Spalt zwischen der Drahtelektrode und dem Werkstück geleitet wird, da der Kühler 29 zwischen dem Kompressor 23 und dem Ventil 25 angeordnet ist. Zusätzlich wird im Falle, wo die Bearbeitung ausgeführt wird, während ein Nebel in den Spalt geleitet wird, dieser durch Verwendung des Druckgases erzeugt, das im Kühler abgekühlt worden ist. Im Vergleich zum üblichen Verfahren, wo ein Gas verwendet wird, dessen Temperatur nicht geregelt wurde, ist es möglich, die Wirksamkeit der Kühlung eines Teils des Werkstückes zu verbessern, wenn die Bearbeitung ausgeführt wird, während ein Gas oder der Nebel in den Spalt eingeleitet wird.

Dritte Ausführungsform

Fig. 6 zeigt als Erläuterung schematisch ein Verfahren zur Zufuhr des Fluids zu den Fluid-Zufuhrmitteln 12 der Vorrichtung zur Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion gemäss einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Anord-

nung, der Betrieb und ähnliche Parameter der Vorrichtung zur Draht-Elektroerosion sind denjenigen der ersten und zweiten Ausführungsform analog. In Fig. 6 werden die gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 4 und Fig. 5 verwendet, welche die erste bzw. die zweite Ausführungsform veranschaulichen, wenn identische oder entsprechende Teile gemeint sind, und die Zahl 30 bezeichnet einen Wärmeaustauscher.

Gemäss Fig. 6 ist zwischen dem Kompressor 23 und dem Ventil 25 in Fig. 4 (erste Ausführungsform) der Wärmeaustauscher 30 eingebaut, und dieser Wärmeaustauscher 30 befindet sich im Behälter 22 für Arbeitsflüssigkeit. Da die Temperatur der Arbeitsflüssigkeit 4a im Behälter 22 auf Zimmertemperatur oder einer Temperatur unterhalb Zimmertemperatur mittels des Temperaturreglers 24 gehalten wird, wird die im Kompressor 23 komprimierte Luft 8 durch die Arbeitsflüssigkeit 4a abgekühlt, welche im Arbeitsbehälter 22 temperaturgeregelt ist. Dadurch steigt die Wirksamkeit der Kühlung eines Teiles des Werkstückes unter Bearbeitung auf die gleiche Weise wie bei der zweiten Ausführungsform. Da die Funktion des Kühlers 29 in Fig. 5 (zweite Ausführungsform) durch eine einfachere Anordnung realisiert werden kann, besteht der Vorteil, dass dadurch Kosten eingespart werden können.

Industrielle Anwendbarkeit

Wie oben beschrieben wurde, sind das Verfahren und die Vorrichtung zur Bearbeitung durch Draht-Elektroerosion gemäss der vorliegenden Erfindung besonders geeignet für Bearbeitungstätigkeiten mit hochpräziser und hochqualitativer Elektroerosion.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion zur Bearbeitung eines Werkstückes durch Erzeugung einer elektrischen Entladung in einem Spalt zwischen einer Drahtelektrode und dem genannten Werkstück, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitung unter einer Kombination von zwei der nachstehend genannten drei Bearbeitungsmassnahmen erfolgt: Bearbeitung in einer Arbeitsflüssigkeit, Bearbeitung in einem Nebel, und Bearbeitung in einem Gas, wobei im Falle einer Bearbeitung, bei der ein Nebel oder ein Gas angewandt wird, die Bearbeitung unter Kühlung des Werkstückes vorgenommen wird.

2. Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion zur Bearbeitung eines Werkstückes durch Zufuhr elektrischer Entladungsenergie in einen Spalt zwischen einer Drahtelektrode und dem genannten Werkstück durch Mittel zum Zuführen elektrischer Bearbeitungsenergie, und unter einer Relativbewegung zwischen der genannten Drahtelektrode und dem Werkstück, bewirkt durch Positioniermittel, gekennzeichnet durch Mittel zur Zufuhr von Arbeitsfluiden, welche mindestens zwei Arbeitsfluide zuführen, ausgewählt aus Mitteln, welche dazu eingerichtet sind, eine Arbeitsflüssigkeit in den Spalt zu leiten, Mitteln zur Zufuhr eines Nebels in den Spalt, und Mitteln zur Zufuhr eines Gases in den Spalt, und durch Mittel zur Zufuhr eines Kühlmittels zwecks Kühlen des Werkstückes.

3. Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch Steuerungsmittel zur Steuerung eines Wechsels zwischen den genannten Zufuhrmitteln, nämlich den Mitteln zur Zufuhr der Arbeitsflüssigkeit zum Bearbeitungsspalt, den Mitteln zur Zufuhr des Nebels zum Bearbeitungsspalt und den Mitteln zur Zufuhr des Gases zum Bearbeitungsspalt, und zur Steuerung der Zufuhr von Kühlmittel zum genannten Werkstück mittels der genannten Kühlmittel-Zufuhrmittel während der Zufuhr des Nebels zum Bearbeitungsspalt durch die genannten Nebel-Zufuhrmittel oder während der Zufuhr des Gases zum Bearbeitungsspalt durch die genannten Gas-Zufuhrmittel, in Übereinstimmung mit der Produktivität und der für das Werkstück erforderlichen Genauigkeit.

4. Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Mittel zur Zufuhr von Arbeitsfluid dieses entlang der genannten Drahtelektrode dem Spalt zuleiten, und dass die genannten Mittel zur Zufuhr von Kühlmittel Letzteres von ausserhalb des Arbeitsfluids gegen das Werkstück einspritzen.

5. Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Zufuhr von Fluid vorgesehen sind, bei denen die genannten Mittel zur Zufuhr von Arbeitsfluid und jene zur Zufuhr von Kühlmittel miteinander vereinigt und einstückig geformt sind.

6. Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Zufuhr von Arbeitsflüssigkeit diese Arbeitsflüssigkeit aus einem Vorratsbehälter mittels einer Pumpe dem Bearbeitungsspalt zuführen, dass die genannten Mittel zur Zufuhr von Gas dieses Gas, beispielsweise Luft, nach Komprimieren in einem Kompressor dem Bearbeitungsspalt zuführen, und dass die genannten Mittel zur Zufuhr von Nebel einen Nebel erzeugen, indem sie die von den Mitteln zur Zufuhr von Arbeitsflüssigkeit herangeführte Arbeitsflüssigkeit mit dem Gas vermischen, das von den Mitteln zur Gaszufuhr herangebracht wird, und den Nebel dann in den Bearbeitungsspalt einleiten.

7. Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Mittel zur Zufuhr von Kühlmittel die Arbeitsflüssigkeit im genannten Vorratsbehälter für Arbeitsflüssigkeit mittels der genannten Pumpe unter Druck setzen und die Arbeitsflüssigkeit dem Bearbeitungsspalt zuführen.

8. Vorrichtung zur Bearbeitung mittels Draht-Elektroerosion nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass sie weiterhin Kühlmittel zur Kühlung des vom genannten Kompressor komprimierten Gases aufweist.

FIG.1(a)

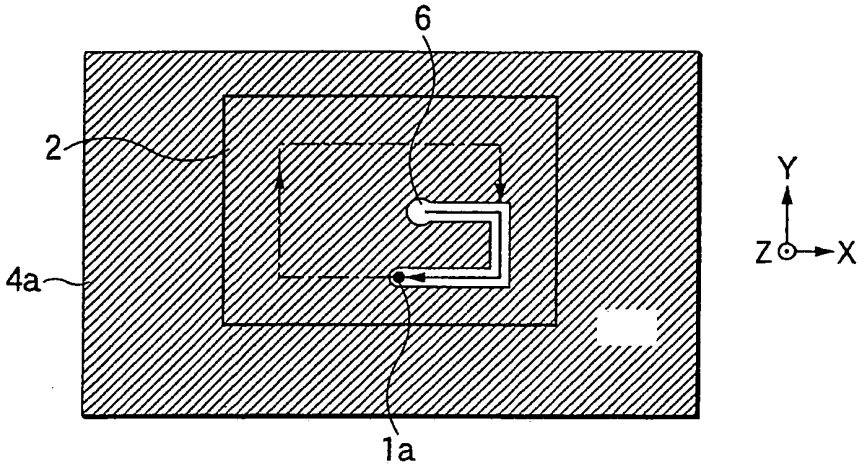


FIG.1(b)

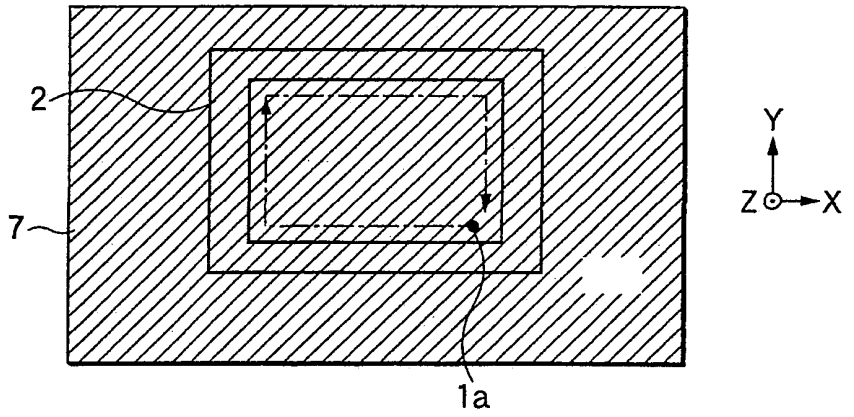


FIG.1(c)

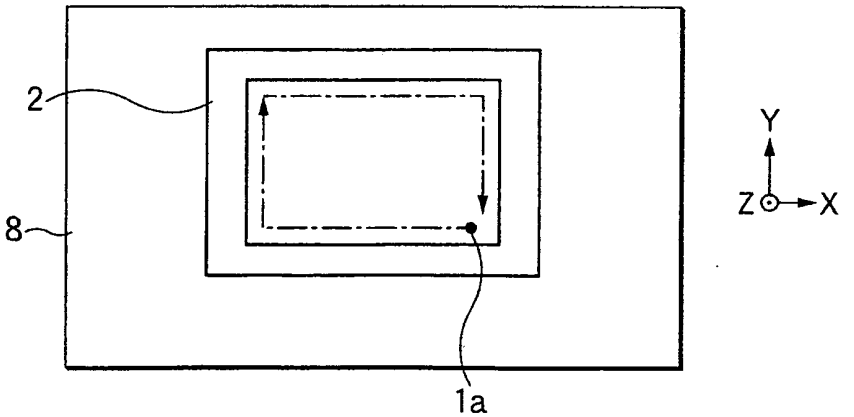


FIG.2

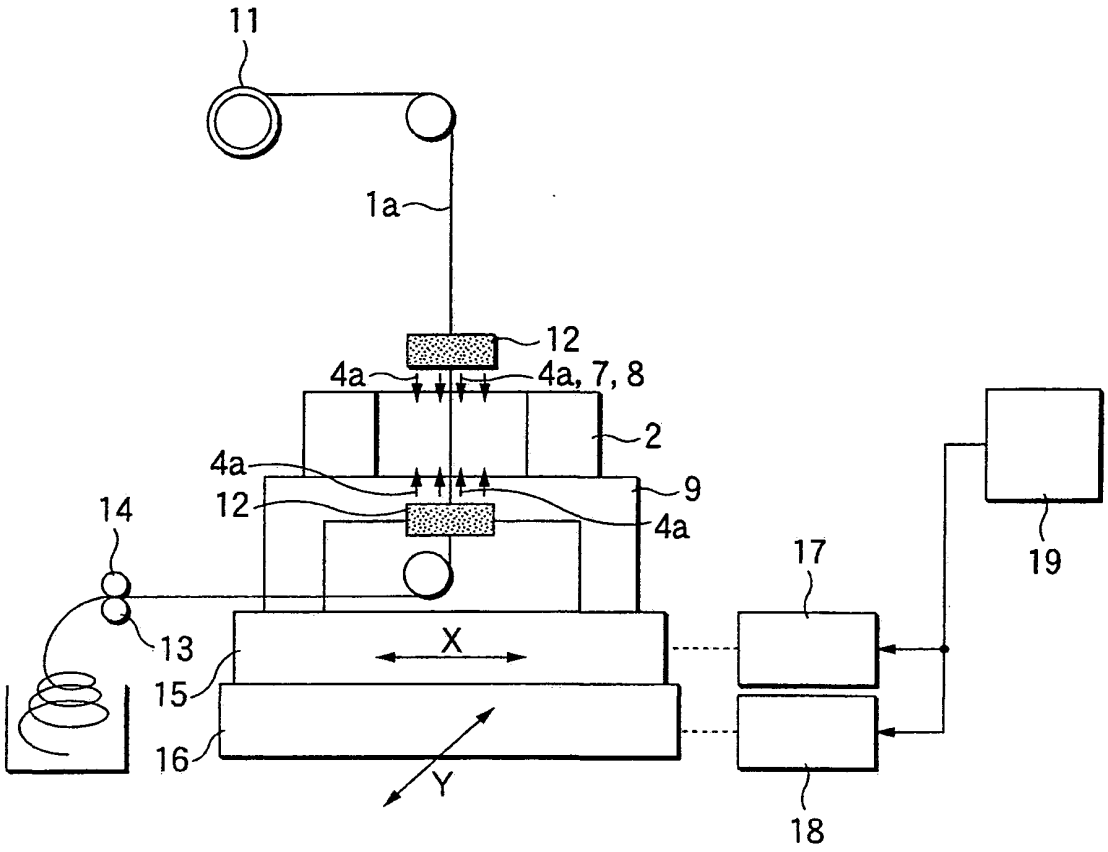


FIG.3(a)

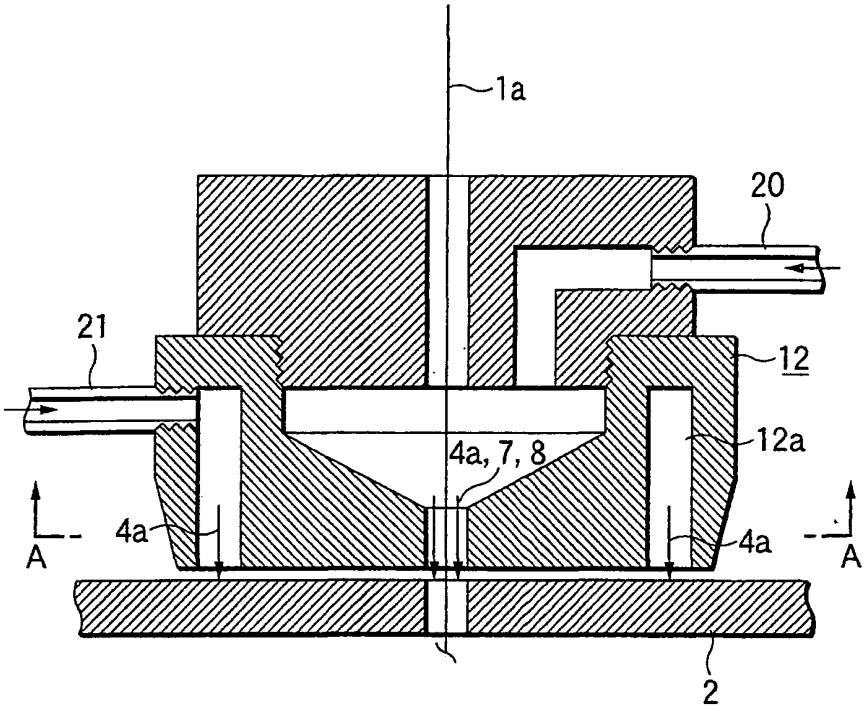
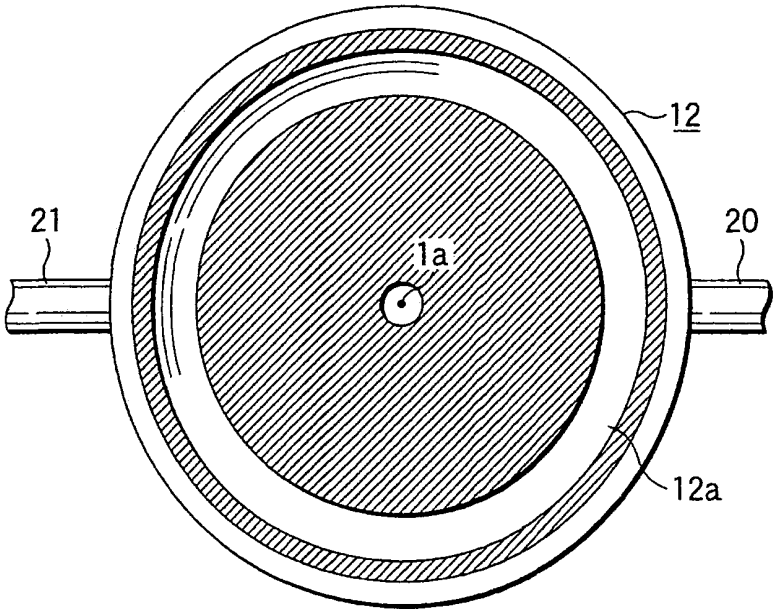


FIG.3(b)



A-A

FIG.4

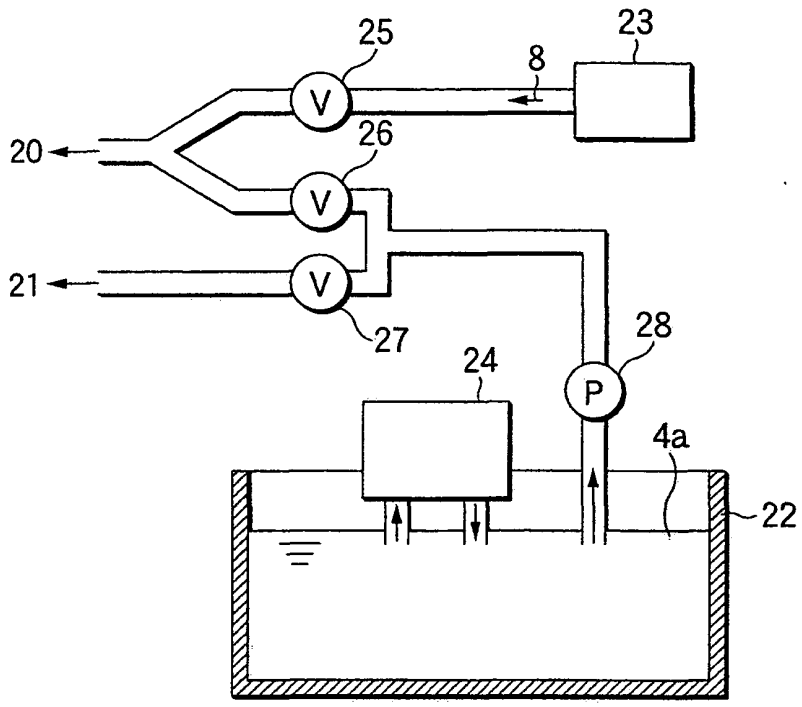


FIG.5

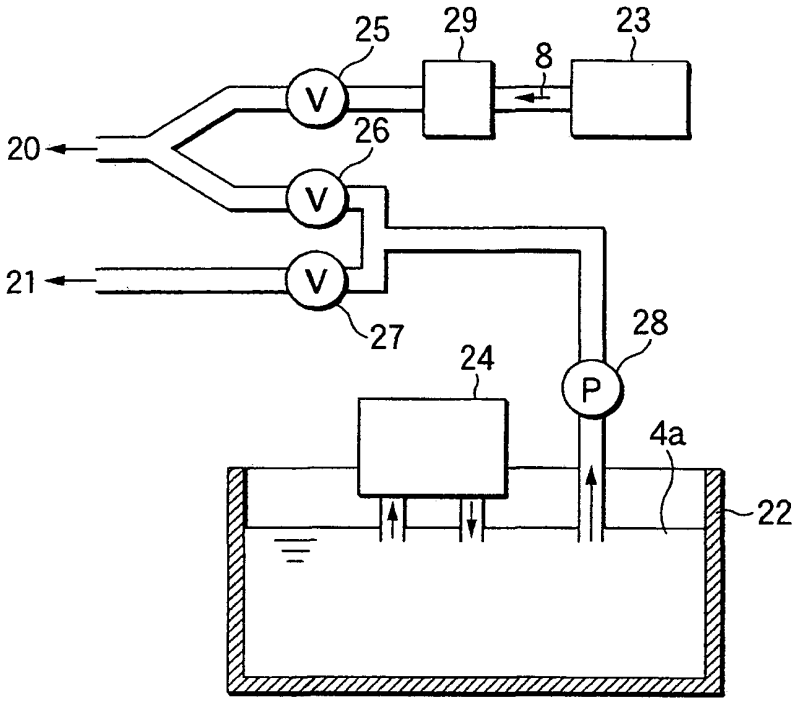


FIG.6

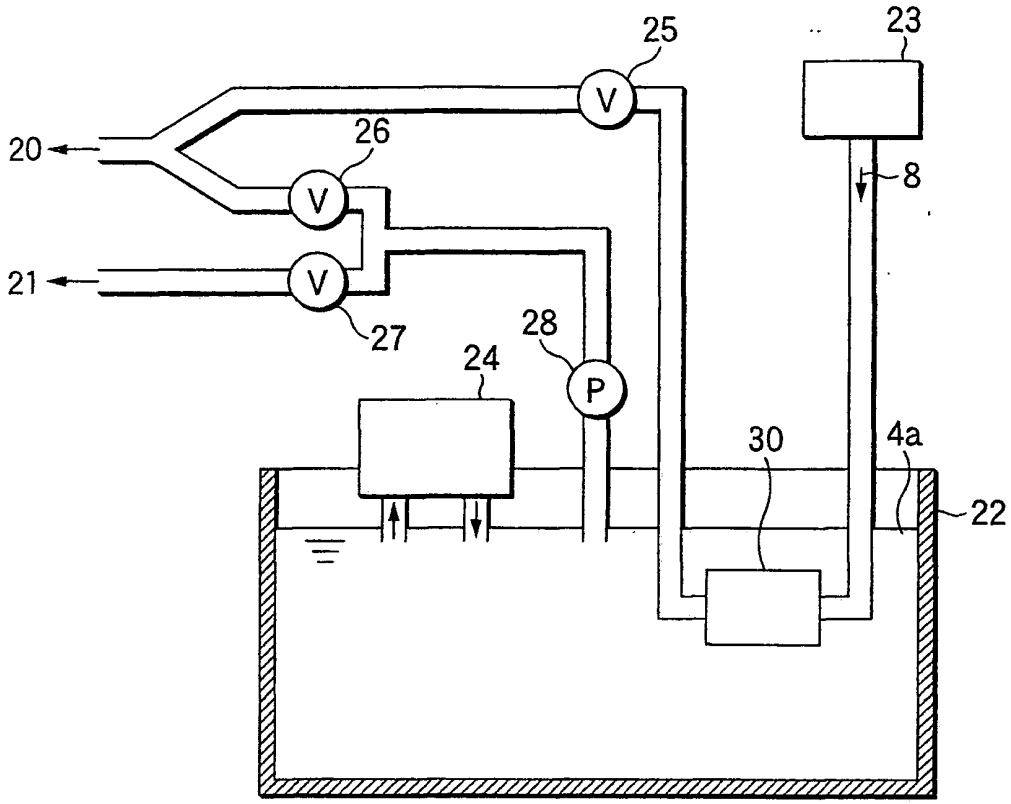


FIG.7(a)

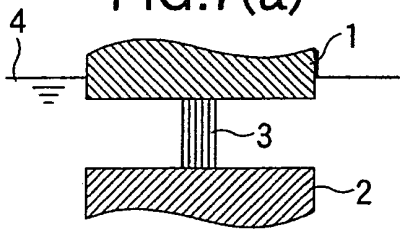


FIG.7(b)

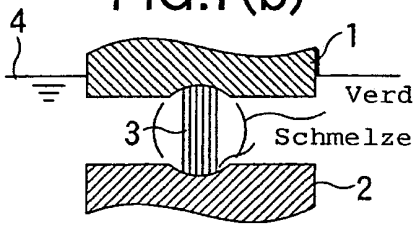


FIG.7(c)

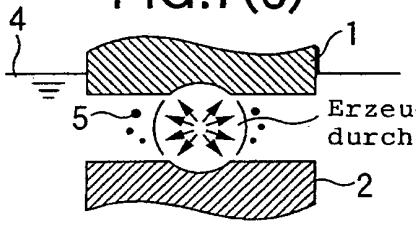


FIG.7(d)

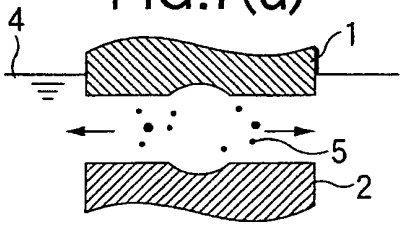


FIG.7(e)

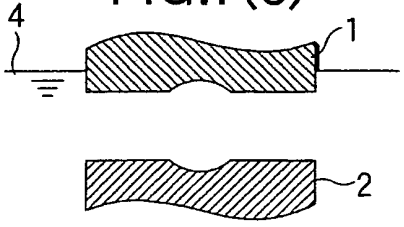


FIG.8(a)

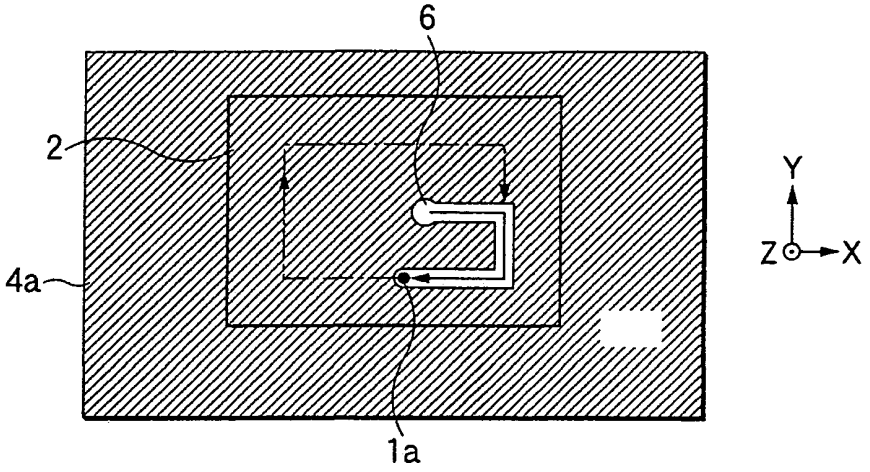


FIG.8(b)

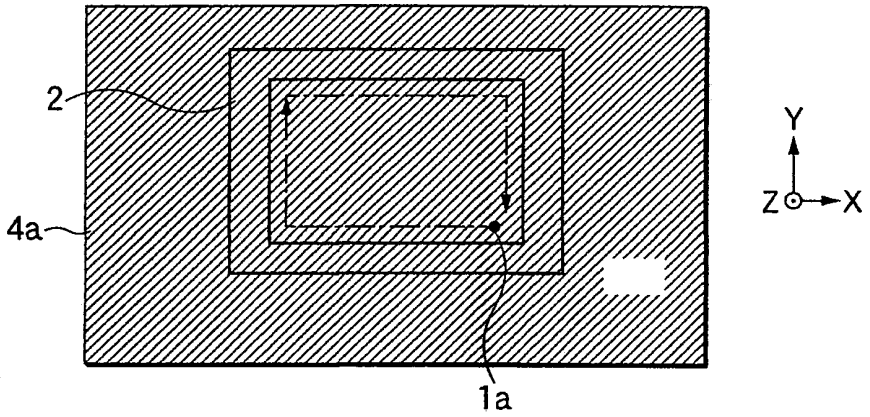


FIG.8(c)

