



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 37 324 T2** 2008.02.07

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 980 735 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 37 324.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 116 293.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **18.08.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **23.02.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **17.10.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **07.02.2008**

(51) Int Cl.⁸: **B23H 5/04** (2006.01)

B24B 53/00 (2006.01)

B24B 53/053 (2006.01)

B24D 5/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

23252098 **19.08.1998** **JP**

(73) Patentinhaber:

Riken, Wako, Saitama, JP

(74) Vertreter:

**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, NL, SE

(72) Erfinder:

**Ohmori, Hitoshi, Wako-shi, Saitama 351-0198, JP;
Yamagata, Yutaka, Wako-shi, Saitama 351-0198,
JP**

(54) Bezeichnung: **Micro-Entladungsabrichtvorrichtung und Feinbearbeitungsverfahren unter Verwendung dieser Vorrichtung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Mikroentladungs-Abrichtvorrichtung entsprechend des Oberbegriffsabschnittes von Anspruch 1 zum Abrichten eines sehr feinen oder dünnen elektrisch leitenden Schleifsteines und ein Feinbearbeitungsverfahren, das die Vorrichtung verwendet. Eine Mikroentladungs-Abrichtvorrichtung der zuvor genannten Art ist in dem Japanischen Patentauszug JP 061 147 32 gezeigt.

BESCHREIBUNG DER ZUGEHÖRIGEN TECHNIK

[0002] In jüngster Zeit hat es für die Entwicklung einer Mikro-Maschine und dergleichen Forderungen für ein abtragendes Bearbeitungsverfahren an die Maschine gegeben, feine Bauteile mit hoher Präzision zu formen. Als ein abtragendes Verarbeitungsverfahren, das besonders für die Herstellung von Bohrungen oder Kanälen in solch feinen Bauteilen geeignet ist, ist ein Abrichtschleifverfahren mit gleichzeitiger Elektrolytbehandlung (nachstehend als ein ELID-Schleifverfahren bezeichnet) erwähnt worden.

[0003] In dem Abrichtschleifverfahren mit gleichzeitiger Elektrolytbehandlung (ELID-Schleifverfahren) wird ein sehr feiner elektrisch leitender Schleifstein unter Verwendung feiner Diamantkörner oder ein sehr dünner elektrisch leitender Schleifstein verwendet und der Schleifstein wird elektrisch abgerichtet, um einen abtragend zu bearbeitenden Artikel (das Werkstück) abtragend zu bearbeiten. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass die Präzision der abtragenden Bearbeitung hoch ist, eine hoch-qualitative Oberflächenrauigkeit erhalten wird und harte, dreidimensional geformte Bauteile relativ leicht abtragend bearbeitet werden können.

[0004] Selbst ein sehr feiner/dünner Schleifstein, der bei der Feinbearbeitung anzuwenden ist, hat während der Bearbeitung einen Versatz oder eine Abweichung. Demzufolge muss solch ein Versatz oder solch eine Abweichung durch Abrichten vor der Anwendung einer abtragenden Präzisionsbearbeitung, wie ELID-abtragende Schleifbearbeitung, beseitigt werden.

[0005] Jedoch ist in einem Metallbindungs-Schleifstein für den Gebrauch in der ELID-Schleifbearbeitung ein Bindematerial sehr hart. Demzufolge ist in einem herkömmlichen Abrichtverfahren eine Korrekturreffektivität gering, eine Korrekturpräzision begrenzt und die Anwendung schwierig. Insbesondere da der auf die Feinbearbeitung anzuwendende Schleifstein sehr fein oder dünn ist (z. B. ein Durchmesser von 1 mm oder weniger, eine Dicke von 1 mm oder weniger) wird durch den Kontakt mit einem Werkzeug für das mechanische Abrichten der Schleifstein selbst deformiert, was ein Problem hervorruft, dass ein Abrichten mit hoher Präzision nicht realisiert werden kann.

[0006] Andererseits ist als ein abtragendes Bearbeitungsverfahren für die abtragende Bearbeitung eines Werkstückes, das damit keinen Kontakt hat, eine abtragende elektrische Entladungsbearbeitung bekannt. In dem abtragenden Bearbeitungsverfahren sind das Werkstück und eine Bearbeitungselektrode mit einem Abstand dazwischen in einer isolierenden Bearbeitungsflüssigkeit zueinander gegenüberliegend und eine Kurzzeitimpuls-Bogenentladung wird wiederholt, um eine abtragende Bearbeitung zum Abtragen auszuführen.

[0007] In dem abtragenden Bearbeitungsverfahren gibt es jedoch die Probleme, dass (1) eine Form der Elektrode erfordert, zuvor auf eine gewünschte Bearbeitungsform angepasst zu werden, (2) eine präzise Positionssteuerung erforderlich ist, um ein konstantes Intervall zwischen der Elektrode und dem Werkstück beizubehalten, (3) ein großer Stromimpuls benötigt wird, um zwischen die Elektrode und das Werkstück zugeführt zu werden, und eine große, komplizierte Energieausrüstung notwendig ist, und (4), da die Elektrodenform durch den Verbrauch der Elektrode verändert wird, die Elektrode häufig ersetzt werden muss.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0008] Die vorliegende Erfindung ist entwickelt worden, um die zuvor erwähnte verschiedenen Probleme zu lösen. Insbesondere ist es ein Ziel der vorliegenden Erfindung eine Mikroentladungs-Abrichtvorrichtung und ein abtragendes Feinbearbeitungsverfahren unter Verwendung der Vorrichtung zu schaffen, in der ein Versatz oder eine Abweichung eines sehr feinen/dünnen Schleifsteins entfernt werden kann, wobei ein Hoch-Präzisionsabrichten, ohne den Schleifstein selbst zu deformieren, ausgeführt werden kann, eine Energieausrüstung mit kleiner Abmessung und Ausgangsleistung ausreichend ist, weder ein komplizierter Steuerschaltkreis, noch Steuervorrichtung notwendig ist und die Elektroden und andere Verbrauchsgegenstände leicht hergestellt/wieder aufbereitet werden können.

[0009] Die Erfinder et al. der vorliegenden Erfindung haben bemerkt, dass wenn eine scheibenförmige Elektrode gedreht wird, um feinste Funken (eine Mikroentladung) zwischen einer äußeren Umfangskante der Elektrode und dem Schleifstein zu erzeugen, nicht nur eine berührungsfreies, effizientes, hoch-präzises Abrichten, sondern auch die Reduzierung der Energieausrüstung in der Größe und der Ausgangsleistung realisiert werden kann, und dass eine Formveränderung durch den Verbrauch der Elektrode bemerkenswert reduziert werden kann. Mit anderen Worten, wenn eine elektrische Leitfähigkeit eines Metallbindungs-Schleifsteins für den Gebrauch bei der ELID-Schleifbearbeitung verwendet wird, wird durch ein Phänomen der Mikroentladung in einem feinen Abstand zwischen dem Schleifstein und der Elektrode ein metallgebundener Abschnitt ohne Kontakt damit und mit hoher Präzision geschmolzen/entfernt, so dass eine Schleifsteinoberfläche auf eine gewünschte Form korrigiert werden kann. Die vorliegende Erfindung ist auf solch einer erfinderischen Entdeckung begründet.

[0010] Insbesondere ist entsprechend der vorliegenden Erfindung eine Mikroentladungs-Abrichtvorrichtung nach Anspruch 1 vorgesehen.

[0011] Entsprechend des zuvor erwähnten Aufbaus der vorliegenden Erfindung wird durch eine stabile Erzeugung der Funken (der Mikroentladung) durch die Spannungs-Anlageeinheit (20) zwischen der äußeren Umfangskante der rotierenden scheibenförmigen Entladungselektrode (14) und der Bearbeitungsoberfläche (12a) des elektrisch leitenden Schleifsteins (12), dessen Position durch die Positionssteuereinrichtung (18) gesteuert wird, der metallische, haftverbundene Abschnitt des elektrisch leitenden Schleifsteins (12) ohne Kontakt damit und mit hoher Effektivität und Präzision geschmolzen/entfernt und die Schleifsteinoberfläche kann auf die gewünschte Form korrigiert werden.

[0012] Da überdies die Entladungselektrode (14) rund um die axiale Mitte Z durch die Elektrodendreheinheit (16) gedreht wird, kann selbst dann, wenn die Elektrode durch die Mikroentladung verschlissen wird, die Rundheit beibehalten werden und kann kontinuierlich für einen langen Zeitraum verwendet werden.

[0013] Da überdies die alkalische Flüssigkeit zwischen den Schleifstein und die Elektrode durch die Bearbeitungsflüssigkeit-Zuführungseinheit (22) zugeführt wird, kann, wenn mit einem trockenen Zustand oder einem Fall verglichen wird, wo eine isolierende Flüssigkeit zugeführt wird, eine niedrigere Spannung, ein höhere Strom-Mikroentladung stabil erzeugt werden und die Energieausrüstung kann in der Abmessung und in der Ausgangsleistung reduziert werden.

[0014] Die Spannungs-Anlageeinheit (20) weist eine Gleichstrom-Energiezuführung (24) zum Erzeugen einer vorbestimmten Gleichstrom-Spannung auf; einen Impuls-Entladungsschaltkreis (25) mit einem Kondensator C, einem Widerstand R und einem Paar von Ausgangsanschlüssen, um den Kondensator aufzuladen, wenn die Anschlüsse dazwischen offen sind und um Elektrizität von dem Kondensator abzugeben, wenn ein Widerstand zwischen den Anschlüssen reduziert ist; und eine Stromzuführungsleitung (26), um die Plusseite des Ausgangsanschlusses mit dem Schleifstein und einer Minuseite zu verbinden.

[0015] In dem Aufbau wird der Kondensator C über den Widerstand R mit einem Gleichstrom aufgeladen und die Spannung wird auf eine konstante Spannung zwischen den Kondensatorpolen (zwischen den Ausgangsanschlüssen) erhöht. Zusätzlich entsteht, wenn die Elektrode und der Schleifstein nah zueinander kommen, um den Widerstand dazwischen zu reduzieren, ein dielektrischer Durchschlag des Mediums (der alkalischen Flüssigkeit) zwischen der Elektrode und dem Schleifstein und ein Entladungszustand wird hervorgebracht. Wenn die Entladung startet, wird Energie in dem Kondensator entladen, die Isolierungseigenschaften des Mediums werden wieder hergestellt und ein Aufladungszustand wird zurückgeführt. Wenn die Frequenz von solch einem Takt erhöht wird, kann ein ausgezeichnetes Mikroentladungs-Abrichten realisiert werden. Demzufolge kann durch den Aufbau, wenn mit der herkömmlichen Entladungsbearbeitung verglichen wird, die Energieausrüstung in der Größe und in der Ausgangsleistung beträchtlich reduziert werden, wodurch die Notwendigkeit eines komplizierten Steuerschaltkreises oder einer Steuervorrichtung erübrigt wird.

[0016] Überdies ist entsprechend der vorliegenden Erfindung ein Feinbearbeitungsverfahren unter Verwendung der Mikroentladungs-Abrichtvorrichtung entsprechend der Erfindung vorgesehen, wobei das Verfahren aufweist: (A) ein Mikro-Entladungsabrichtvorrichtung, versehen mit einer scheibenförmigen Entladungselektrode (14) mit einer äußeren Umfangskante (14a), die in der Nähe einer Bearbeitungsoberfläche (12a) eines elektrisch leitenden Schleifsteins (12) vorgesehen werden kann, und eine Elektrodendreheinheit (16) zum Drehen der Entladungselektrode (14) rund um eine axiale Mitte Z, eine Flüssigkeits-Zuführungseinheit (22) für die abtragende Bearbeitung zum Zuführen einer alkalischen Flüssigkeit zwischen den Schleifstein und die Elektrode, und gleichzeitigem Anlegen einer Gleichstrom-Spannung zwischen den elektrisch leitenden Schleifstein

(12) und die Entladungselektrode (14) in einer pulsierenden Weise, um die Bearbeitungsoberfläche durch das Entladen abtragend zu bearbeiten; (B) ein elektrolytisches Nachbearbeitungsverfahren, versehen mit einer Nachbearbeitungselektrode (28) mit gegenüberliegenden Oberflächen (28a), die von den Bearbeitungsoberflächen des elektrisch leitenden Schleifsteins (12) entfernt sind, während die alkalische Flüssigkeit zwischen dem Schleifstein und der Nachbearbeitungselektrode zugeführt wird und unter gleichzeitigem Anlegen der Gleichstrom-Spannung zwischen dem elektrisch leitenden Schleifstein und der Nachbearbeitungselektrode, um den elektrisch leitenden Schleifstein durch das Elektrolyt nachzubearbeiten; und (C) ein Schleifverfahren des Bearbeitens eines Werkstückes mit dem elektrisch leitenden Schleifstein.

[0017] Entsprechend des Verfahrens wird der sehr feine oder dünne elektrisch leitende Schleifstein, von dem der Versatz oder die Abweichung entfernt wird, durch das Mikroentladungs-Abbrichtverfahren (A) verwendet und das elektrolytische Nachbearbeitungsverfahren (B) und das Schleifverfahren (C) können gleichzeitig oder wiederholt ausgeführt werden. Durch Beseitigen einer nachteiligen Wirkung des Versatzes oder der Abweichung kann eine Mikro-Maschine oder ein anderes feines Bauteil mit hoher Präzision effektiv abtragend bearbeitet werden.

[0018] Weitere Ziele und vorteilhafte Merkmale der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung in Bezug auf die beigefügten Zeichnungen deutlich.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0019] [Fig. 1](#) ist eine Darstellung des Gesamtaufbaus einer Mikroentladungs-Abbrichtvorrichtung entsprechend der vorliegenden Erfindung.

[0020] [Fig. 2](#) ist ein Schaltkreisdiagramm der Impulsentladung von [Fig. 1](#).

[0021] [Fig. 3](#) stellt ein Ausführungsbeispiel dar, das die Spannungs- und die Strom-Veränderungen in dem Entladungsabrichten zeigt.

[0022] [Fig. 4](#) stellt ein Ausführungsbeispiel dar, das eine Beziehung einer Abrichtzeit und der Restablenkung zeigt.

[0023] [Fig. 5](#) stellt das Ausführungsbeispiel dar, das eine Beziehung einer Eingangsspannung und einem maximalen Abstand zeigt.

[0024] Die [Fig. 6A](#) bis [Fig. 6C](#) sind beispielhafte Verfahrensansichten, die ein abtragendes Feinbearbeitungsverfahren entsprechend der vorliegenden Erfindung zeigen.

[0025] [Fig. 7](#) stellt ein Ausführungsbeispiel dar, das eine Veränderung der Betriebsspannung in einer anfänglichen elektrolytischen Nachbearbeitung zeigt.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0026] Nachstehend werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung in Bezug auf die Zeichnungen beschrieben. Zusätzlich sind gemeinsame Abschnitte in den Zeichnungen mit denselben Bezugszahlen bezeichnet und eine redundante Beschreibung wird weggelassen.

[0027] [Fig. 1](#) ist eine Darstellung des Gesamtaufbaus einer Mikroentladungs-Abbrichtvorrichtung entsprechend der vorliegenden Erfindung. Wie in der Zeichnung gezeigt, weist die Mikroentladungs-Abbrichtvorrichtung einen elektrisch leitenden Schleifstein 12, eine Entladungselektrode 14, eine Elektrodendreheinheit 16, eine Positionssteuerung 18, eine Spannungs-Anlageeinheit 20 und eine Flüssigkeits-Zuführungseinheit 22 für das abtragende Bearbeiten auf.

[0028] In dem Ausführungsbeispiel ist der elektrisch leitende Schleifstein 12 ein sehr feiner Metallverbundschleifstein, der feine Diamantkörner verwendet, und der vertikal in der Zeichnung bewegt wird, um Bohrungen in einem Werkstück 1 zu bearbeiten. Überdies wird der elektrisch leitende Schleifstein 12 rund um seine axiale Mitte gedreht/angetrieben und die Positionssteuerung 18 steuert eine relative Position einer äußeren Umfangskante 14a der Elektrode des Schleifsteins 12.

[0029] Zusätzlich kann ein Durchmesser des sehr feinen Metallverbundschleifsteins willkürlich gewählt wer-

den und kann z. B. 1 mm oder weniger sein. Überdies kann der elektrisch leitende Schleifstein ein sehr dünner Metallverbundschleifstein **12'** sein. In diesem Fall wird, wie durch die Doppelpunkt-Strich-Linie in der [Fig. 1](#) gezeigt, der Schleifstein rund um ein horizontales axiales Zentrum gedreht/angetrieben.

[0030] Die scheibenförmige Entladungselektrode **14** hat die äußere Umfangskante **14a**, die nahe an die Bearbeitungsoberfläche **12a** der elektrisch leitenden Elektrode **12** kommen kann. Die äußere Umfangskante **14a** der Entladungselektrode **14** ist in einem vollständig Kreis gebildet, der in seiner axialen Mitte Z zentriert ist. Eine Dicke der Entladungselektrode **14** ist vorzugsweise so dünn wie möglich, um eine stabile Mikro-Entladung zu erhalten, solange die Rundheit beibehalten werden kann, und kann z. B. 2 mm oder weniger betragen.

[0031] Die Entladungselektrode **14** ist mit einer sich drehenden Welle der Elektrodeneinheit **16** verbunden (z. B. einem Elektromotor) und kann rund um ihre axiale Mitte Z gedreht/angetrieben werden.

[0032] Die Spannungs-Anlageeinheit **20** weist eine Gleichstrom-Energiezuführung **24**, einen Impulsentladungsschaltkreis **25** und eine Stromzuführungsleitung **26** auf. Die Gleichstrom-Energiezuführung **24** erzeugt eine vorbestimmte Gleichstrom-Spannung (z. B. von DC 103V bis 110V) und legt die Spannung an einen Eingangsanschluss des Impulsentladungsschaltkreises **25**. Überdies weist die Stromzuführungsleitung **26** eine Bürste **26a** (einen Stromzuführer) auf, die darauf gleitet und gleichzeitig die sich drehende Welle des elektrisch leitenden Schleifsteins **12** und eine Oberfläche der Entladungselektrode **14** berührt, und eine Verbindungsleitung **26b** für das elektrische Verbinden der Bürste **26a** und eines Ausgangsanschlusses des Impulsentladungsschaltkreises **25**, so dass die Plusseite des Ausgangsanschlusses mit dem Schleifstein verbunden ist und eine Minusseite mit der Elektrode verbunden ist.

[0033] Die Bearbeitungsflüssigkeit-Zuführungseinheit **22** führt eine alkalische Flüssigkeit zwischen dem Schleifstein **12** und der Entladungselektrode **14** zu. Die alkalische Flüssigkeit, z. B. eine wasserlösliche Schleifflüssigkeit für den Gebrauch beim ELID-Schleifen, ist keine vollständig isolierende Flüssigkeit und hat einen bestimmten Grad von elektrischer Leitfähigkeit (z. B. 1300 bis 1800 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Zusätzlich kann die Flüssigkeit eine Funktion zum Reduzieren eines elektrischen Widerstandes zwischen dem Schleifstein **12** und der Elektrode **14** haben.

[0034] Die [Fig. 2](#) ist eine Schaltkreisdarstellung der Impulsabgabe der [Fig. 1](#). Wie in der Zeichnung gezeigt, hat der Impulsentladungsschaltkreis **25** einen veränderbaren Widerstand R, der zwischen den Eingangs- und Ausgangsanschlüssen **25a**, **25b** auf der Seite von Plus positioniert ist, und einen veränderbaren Widerstand C, der zwischen Plus und minus des Ausgangsanschlusses **25b** positioniert ist. Entsprechend dieses Aufbaus wird, wenn die Anschlüsse des Ausgangsanschlusses **25b** dazwischen in einem einfachen Schaltkreis offen sind, der Kondensator C aufgeladen. Wenn ein Widerstand zwischen den Anschlüssen des Ausgangsanschlusses **25b** reduziert wird, wird die Elektrizität von dem Kondensator C entladen. Dadurch kann die vorbestimmte Spannung zwischen dem Schleifstein **12** und die Elektrode **14** in einer pulsierenden Weise angelegt werden.

[0035] Entsprechend des Aufbaus der in der [Fig. 1](#) gezeigten Mikroentladungs-Abriechvorrichtung **10** wird die Entladungselektrode **14** mit einer konstanten Umfangsgeschwindigkeit gedreht und der Schleifstein **12** wird auch mit einer konstanten Umfangsgeschwindigkeit gedreht. Zusätzlich wird der Schleifstein **12** in einer axialen Richtung durch die Positionssteuerung **18** hin- und her- bewegt und wird gleichzeitig in einer diametralen Richtung mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit zugeführt. Überdies wird ein konstanter Abstand zwischen dem Schleifstein **12** und der Elektrode **14** beibehalten und eine kleine Menge der Schleifflüssigkeit (eine alkalische Flüssigkeit) wird zugeführt, so dass stabile Entladungsfunken erzeugt werden, um ein Mikroentladungs-Abriechen auszuführen.

[0036] Entsprechend des zuvor erwähnten Aufbaus der vorliegenden Erfindung wird, da die Funken (die Mikroentladung) durch die Spannungs-Anlageeinheit **20** zwischen der äußeren Umfangskante **14a** der sich drehenden Entladungselektrode **14** und der Bearbeitungsoberfläche **12a** des elektrisch leitenden Schleifsteins **12** mit seiner Position, die durch den Positionssteuerer **18** gesteuert wird, stabil erzeugt werden, ein Metall-haftverbundener Abschnitt des elektrisch leitenden Schleifsteins **12** ohne Kontakt dazwischen und mit hoher Effektivität und Präzision geschmolzen/entfernt und die Oberfläche des Schleifsteins kann auf die gewünschte Form korrigiert werden.

[0037] Da überdies die Entladungselektrode **14** rund um die axiale Mitte Z durch die Elektrodeneinheit **16** gedreht wird, kann selbst dann, wenn die Elektrode durch Mikroentladung verschliffen ist, die Rundheit beibehalten werden und kann für eine lange Zeit kontinuierlich verwendet werden.

[0038] Da überdies die alkalische Flüssigkeit zwischen den Schleifstein und die Elektrode durch die Bearbeitungsflüssigkeit-Zuführungseinheit **22** zugeführt wird, wenn mit einem trockenen Zustand oder mit einem Zustand, wo eine isolierende Flüssigkeit zugeführt wird, verglichen wird, kann eine niedrige Spannung-, eine höhere Strom-Mikroentladung stabil erzeugt werden und die Energieausrüstung kann in der Abmessung und der Ausgangsleistung reduziert werden.

[Ausführungsbeispiel 1]

[0039] Die [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) zeigen ein Ausführungsbeispiel, in dem die zuvor erwähnte Mikroentladungs-Abbrichtvorrichtung **10** verwendet wird, und die [Fig. 3](#) zeigt Spannungs- und Stromveränderungen beim Entladungsabrichten.

[0040] Wie in der Zeichnung gezeigt, ist der Impulsentladungsschaltkreis **25** ein einfacher Schaltkreis, der einen einzelnen Kondensator C und einen Widerstand R aufweist, wobei aber der Kondensator C über den Widerstand R mit einer Gleichstromenergie aufgeladen wird, und die Spannung auf eine konstante Spannung zwischen den Kondensatorpolen (zwischen den Ausgangsanschlüssen) angehoben wird. Wenn zusätzlich die Elektrode und der Schleifstein zueinander nahe kommen, um den Widerstand dazwischen zu reduzieren, entsteht ein dielektrischer Durchschlag des Mediums (der alkalischen Flüssigkeit) zwischen der Elektrode und dem Schleifstein und der Entladungszustand wird hervorgebracht. Wenn die Entladung startet, wird die Energie in dem Kondensator entladen, die Isolierungseigenschaften des Mediums werden wieder hergestellt und ein Aufladungszustand wird wieder hergestellt. Wenn die Frequenz von solch einem Takt erhöht wird, kann ein ausgezeichnetes Mikroentladungs-Abbrichten realisiert werden. Demzufolge kann durch den Aufbau, wenn mit der herkömmlichen Entladungsbearbeitung verglichen wird, die Energieausrüstung in der Abmessung und der Ausgangsleistung beträchtlich reduziert werden, wodurch die Notwendigkeit eines komplizierten Steuerschaltkreises oder Steuervorrichtung erübrigt wird.

(Versuchsvorrichtung und Versuchsbedingungen)

[0041] In der zuvor erwähnten Mikroentladungs-Abbrichtvorrichtung **10** wurde ein Metallverbundschleifstein mit kleinem Durchmesser von 0,6 mm für das Mikroschleifen in dem Schleifstein **12** verwendet und mit einem Bearbeitungszentrum verbunden, um mit einer konstanten Geschwindigkeit automatisch zugeführt zu werden. Überdies wurde für eine präzise Mikroentladung eine kreisförmige Platte von $\varnothing 100 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ dünnes Kupfer als die Entladungselektrode **14** verwendet. Individuelle wurde für die Spannungs-Anlageeinheit **20** der zuvor erwähnte Entladungsschaltkreis auf dem Wege des Versuchs hergestellt. Für eine stabile Mikroentladung wurde die Spannung in dem Bereich von 0 bis 110 V festgelegt, wurde der Widerstand R auf 2000Ω festgelegt und wurde der Kondensator C auf $1 \mu\text{F}$ festgelegt. Ein Entladungsmedium, eine kleine Menge von wasserlöslicher Schleifflüssigkeit für das elektrolytische Nachbearbeiten wurde zwischen die Elektrode und den Schleifstein zugeführt.

(Versuchsergebnisse)

[0042] [Fig. 4](#) zeigt eine Veränderung der Rundheit des Schleifsteins durch eine Entladungsabrichtzeit. Die Rundheit eines neuen Schleifsteines **12** beträgt ungefähr $110 \mu\text{m}/\varnothing 6 \text{ mm}$ und eine Korrektoreffektivität wird in 50 min höher. Nach dem Verlauf von 50 min wird die Veränderung der Rundheit des Schleifsteines moderat. Bei der Abrichtzeit von 55 min. wurde eine ausgezeichnete Schleifsteinoberfläche mit einer Rundheit von $2 \mu\text{m}/\varnothing 6 \text{ mm}$ erhalten. Dieser Zustand wird als Fertigstellung des Entladungsabrichtens bezeichnet.

(Veränderung des Entladungsabrichtzustandes durch das Medium)

[0043] In dem zuvor erwähnten Entladungsabrichten ist es gefunden worden, dass wenn die Schleifflüssigkeit zwischen die Elektrode und den Schleifstein zugeführt wird, die Eigenschaft des Mediums dazwischen verändert wird, wodurch sich demzufolge ein Entladungsabrichtzustand auch verändert. Insbesondere wenn die Schleifflüssigkeit zugeführt wird, werden auch die Entladungsfunken unterdrückt. Da die Entladungsenergie in einer kleinen Fläche konzentriert werden kann, kann eine Präzision des Abrichtens des Schleifsteines verstärkt werden.

[0044] Die Tabelle 1 zeigt Bereiche der Strom- und der Spannungsveränderungen in dem Entladungsabrichten. Wie in der Tabelle gezeigt sind, wenn die Schleifflüssigkeit zugeführt wird, die Isolierungseigenschaften des Mediums zwischen der Elektrode und dem Schleifstein niedrig, so dass die Spannung niedriger wird und der Strom höher wird. Da jedoch die Spannungs- und die Stromveränderungen klein und die Entladungsfunken

stabilisiert sind, wird es gefunden, dass ein präzises Mikroabrichten ausgeführt werden kann.

[Tabelle 1]

	mit Schleifflüssigkeit	ohne Schleifflüssigkeit
Betriebsstrom (A)	0,4 bis 0,5	0,1 bis 0,3
Betriebsspannung (V)	30 bis 35	50 bis 70

(Beziehung der Entladungsbedingung und dem maximalen Entladungsabstand)

[0045] Fig. 5 zeigt eine Beziehung einer Spannung beim Entladungsabrichten und einem maximalen Abstand. Wenn keine Schleifflüssigkeit zugeführt wird, wird die Entladung leichter veranlasst. Demzufolge ist es gefunden worden, dass der maximale Entladungsabstand größer ist, wenn keine Schleifflüssigkeit zugeführt wird und der maximale Entladungsabstand ungefähr 86 μm beträgt, oder wenn die Schleifflüssigkeit zugeführt wird der maximale Entladungsabstand ungefähr 68 mm beträgt, der maximale Entladungsabstand durch die Spannung nicht zu sehr verändert wird. Dies wird als der maximale Abstand, bei dem die Entladung in dem Entladungsbedingung leicht auftritt, berücksichtigt.

[0046] Die folgenden Beziehungen sind aus dem zuvor erwähnten Ausführungsbeispiel bestätigt worden:

1. Der Impuls-Entladungsschaltkreis **25**, der den einzelnen Kondensator C und den Widerstand R aufweist, ist ein einfacher Schaltkreis, aber durch das Optimieren eines Widerstandswertes und der Kondensatorkapazität kann das Mikroentladungs-Abrichten realisiert werden.
2. Wenn eine kleine Menge von Schleifflüssigkeit zwischen den Schleifstein und die Elektrode zugeführt wird, kann ein stabiles Mikroentladungs-Abrichten realisiert werden und die Präzision des Schleifsteines kann verbessert werden.
3. Der maximale Abstand ist in Abhängigkeit von dem Ladezustand, bei dem die Entladung leicht auftritt, vorhanden.

[0047] Fig. 6 ist eine beispielhafte Vorgangsdarstellung, die ein feines abtragendes Verarbeitungsverfahren entsprechend der vorliegenden Erfindung zeigt. Wie in der Zeichnung gezeigt, weist das feine abtragende Verarbeitungsverfahren ein Mikroentladungs-Abrichtverfahren (A), einen elektrolytisches Nachbearbeitungsverfahren (B) und ein Schleifverfahren (C) auf.

[0048] In dem Mikroentladungs-Abrichtverfahren (A) ist eine scheibenförmige Entladungselektrode **14** mit einer äußeren Umfangskante **14a** vorgesehen, die nahe an die Bearbeitungsoberfläche **12a** eines elektrisch leitenden Schleifsteins **12** kommen kann, und eine Elektrodendreheinheit **16**, um die Entladungselektrode **14** rund um eine axiale Mitte Z zu drehen. Während eine alkalische Flüssigkeit zwischen den Schleifstein **12** und die Entladungselektrode **14** zugeführt wird und eine Gleichstrom-Spannung zwischen den elektrisch leitenden Schleifstein **12** und die Entladungselektrode **14** in einer pulsierenden Weise angelegt wird, wird die Bearbeitungsoberfläche durch die Entladung geformt. Insbesondere kann das Verfahren unter Verwendung der zuvor erwähnten Mikroentladungs-Abrichtvorrichtung **10** ausgeführt werden.

[0049] In dem elektrolytischen Nachbearbeitungsverfahren (B) ist eine Nachbearbeitungselektrode **28** mit gegenüberliegenden Oberflächen **28a**, die von den Bearbeitungsoberflächen **12a** des elektrisch leitenden Schleifsteins **12** entfernt sind, vorgesehen. Während die alkalische Flüssigkeit zwischen den elektrisch leitenden Schleifstein **12** und die Nachbearbeitungselektrode **28** zugeführt wird und die Gleichstrom-Spannung zwischen den elektrisch leitenden Schleifstein **12** und die Nachbearbeitungselektrode **28** angelegt wird, wird der elektrisch leitende Schleifstein **12** durch das Elektrolyte nachbearbeitet. In dem Verfahren können die Spannungs-Anlageeinheit **20** und die Flüssigkeits-Zuführungseinheit **22** der zuvor erwähnten Mikroentladungs-Abrichtvorrichtung **10** verwendet werden. In diesem Fall ist jedoch der Impulsentladungsschaltkreis **25** nicht notwendig und eine konstante Spannung wird angelegt.

[0050] In dem Schleifverfahren (C) wird ein Werkstück **1** mit dem elektrisch leitenden Schleifstein **12** abtragend bearbeitet. Für die abtragende Bearbeitung, die Bohrungen oder Kanäle in ein kleines Bauteil macht, wird es bevorzugt, aber die vorliegende Erfindung ist nicht darauf begrenzt und kann in weiteren abtragenden Feinbearbeitungen angewandt werden.

[0051] Entsprechend des Verfahrens wird der sehr feine oder dünne elektrisch leitende Schleifstein **12**, von dem der Versatz oder die Abweichung durch das Mikroentladungs-Abrichtverfahren (A) entfernt wird, verwen-

det und das elektrolytisches Nachbearbeitungsverfahren (B) und das Schleifverfahren (C) können gleichzeitig oder wiederholt ausgeführt werden. Durch Eliminierung einer nachteiligen Wirkung von dem Versatz oder von der Abweichung kann eine Mikro-Maschine oder ein anderes feines Bauteil mit hoher Präzision effektiv abtragend bearbeitet werden.

[0052] **Fig. 7** stellt ein Ausführungsbeispiel dar, das eine Veränderung der Betriebsspannung in einer anfänglichen elektrolytischen Nachbehandlung zeigt. In der Zeichnung zeigen drei Linien Fälle, wo jeweils die Spitzenströme **1A**, **2A**, **3A** sind.

[0053] Aus der Zeichnung kann es gesehen werden, dass sich die Veränderungskurven der Betriebsspannung leicht von einer weiteren infolge der Unterschiede des Spitzenstromes unterscheiden, aber in einigen von den Fällen ist die maximale Betriebsspannung im wesentlichen dieselbe und hat eine nicht-lineare Form.

[0054] In der vorliegenden Erfindung ist es bestätigt worden, dass das Mikroentladungs-Abrichten wie eine elektrische Abrichteinrichtung angewandt wird, wobei das feine abrichten des Metallverbundschleifsteines für den Gebrauch in der abtragenden Mikro-Schleifbearbeitung präzise ausgeführt wird und die abtragende Bearbeitung, die für das ELID-Schleifen notwendig ist, sicher gestellt werden kann.

[0055] Überdies ist es gefunden worden, dass durch Anwenden des zuvor erwähnten Mikroentladungs-Abrichtens die folgenden Vorteile erhalten werden können.

1. Die vorliegende Erfindung kann auf das Abrichten eines Metallverbund-, Kunststoff-Metall-Verbundhaftungs- oder einen weiteren elektrisch leitenden Schleifstein **12** angewandt werden.
2. Da das Mikroentladungs-Abrichtverfahren ein abtragendes, berührungsfreies Bearbeitungsverfahren ist, kann das präzise Abrichten eines Schleifsteines mit kleinem Durchmesser und eines Schleifsteines mit dünnem Blatt ausgeführt werden.
3. Eine NC-Maschine macht das Mikroabrichten eines Schleifsteines mit einer komplizierten Oberflächenform möglich.
4. Durch das Entladungsabrichten kann die Abweichung des Schleifsteines entfernt werden und zusätzlich können ultra-abschleifende Körner auch von dem haftverbundenen Abschnitt vorspringen. Während die Schleifsteinform beibehalten wird, kann die komplizierte Schleifbearbeitung einer komplizierten Oberflächenform realisiert werden.

[0056] Demzufolge können entsprechend der vorliegenden Erfindung in der Mikroentladungs-Abrichtvorrichtung und in dem feinen abtragenden Bearbeitungsverfahren, das die Vorrichtung verwendet, der Versatz und die Abweichung des sehr feinen/dünnen Schleifsteines effektiv entfernt werden, kann ein Abrichten mit hoher Präzision ausgeführt werden, ohne den Schleifstein selbst zu verformen, ist eine Energieausrüstung mit kleiner Abmessung und Ausgangsleistung ausreichend, sind weder ein komplizierter Steuerschaltkreis noch eine Steuervorrichtung notwendig und können Elektroden und andere Verbrauchsgüter leicht hergestellt/wieder aufbereitet werden. Diese und andere Wirkungen werden geschaffen.

[0057] Zusätzlich wird es, obwohl die vorliegende Erfindung durch einige bevorzugte Ausführungsbeispiele beschrieben worden ist, verstanden, dass der Umfang des in der Erfindung enthaltenen Rechts nicht durch die Ausführungsbeispiele begrenzt wird. Im Gegenteil, der Umfang des Rechts der vorliegenden Erfindung enthält alle Verbesserungen, Modifikationen und Äquivalente, die im Umfang der beigefügten Ansprüche enthalten sind.

Patentansprüche

1. Mikroentladungs-Abrichtvorrichtung (**10**), aufweisend: einen elektrisch leitenden Schleifstein (**12**) zum abtragenden Bearbeiten eines Werkstückes (**1**); eine scheibenförmige Entladungselektrode (**14**) mit einer äußeren Umfangskante (**14a**), die in der Nähe einer Bearbeitungsoberfläche (**12a**) des elektrisch leitenden Schleifsteins (**12**) angeordnet werden kann; eine Elektroden-Dreheinheit (**16**) zum Rotieren der Entladungselektrode (**14**) rund um eine axiale Mitte (Z); eine Positionssteuerung (**18**) zum Steuern einer relativen Position der äußeren Umfangskante (**14a**) der Elektrode (**14**) und des Schleifsteins (**12**); eine Bearbeitungsflüssigkeitszuführereinheit zum Zuführen einer alkalischen Flüssigkeit zwischen dem Schleifstein (**12**) und die Elektrode (**14**); und eine Spannungs-Anlageeinheit (**20**) zum Anlegen einer vorbestimmten Spannung zwischen dem Schleifstein (**12**) und der Elektrode (**14**) in einer pulsierenden Weise, wobei die Spannungs-Anlageeinheit (**20**) eine Gleichstrom-Energiezuführung (**24**) zum Erzeugen einer vorbestimmten Gleichstrom-Spannung aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spannungs-Anlageeinheit (**20**) außerdem aufweist: eine Impulsentladungsschaltkreis (**25**) mit einem veränderbaren Kondensator (C), einen veränderbaren Widerstand (R) und ein Paar

von Eingangsanschlüssen **(25a)**, um den veränderbaren Kondensator (C) aufzuladen, positioniert zwischen dem Plus und dem Minus der Ausgangsanschlüsse **(25b)**, wenn die Ausgangsanschlüsse **(25b)** dazwischen offen sind, und um Elektrizität von dem veränderbaren Kondensator (C) zu entladen, wenn ein Widerstand zwischen den Anschlüssen **(25b)** reduziert ist; und eine Stromzuführungsleitung **(26)** zum Verbinden einer Plusseite des Ausgangsanschlusses **(25b)** mit dem Schleifstein **(12)** und zum Verbinden einer Minusseite mit der Elektrode **(14)**.

2. Feinbearbeitungsverfahren, das mit der Mikro-Entladungsabrichtvorrichtung **(10)** von Anspruch 1 ausgeführt werden soll, wobei das Verfahren aufweist:

- (a) einen Mikroentladungs-Abrichtvorgang, vorgesehen mit einer scheibenförmigen Entladungselektrode **(14)** mit einer äußeren Umfangskante **(14a)**, die in der Nähe einer Bearbeitungsoberfläche **(12a)** des elektrisch leitenden Schleifsteins **(12)** angeordnet werden kann; und eine Elektroden-Dreheinheit **(16)** zum Rotieren der Entladungselektrode **(14)** rund um eine axiale Mitte (Z), Bearbeitungsflüssigkeits-Zuführeinheit **(22)** zum Zuführen einer alkalischen Flüssigkeit zwischen den Schleifstein **(12)** und die Elektrode **(14)** und gleichzeitiges Anlegen einer Gleichspannung zwischen dem elektrisch leitfähigen Schleifstein **(12)** und der Elektrode **(14)** in einer pulsierenden Weise, um die abtragend zu bearbeitende Oberfläche **(12a)** durch Entladung zu formen;
- (b) einen elektrolytischen Nachbearbeitungsvorgang, versehen mit einer Nachbearbeitungselektrode **(28)** mit gegenüberliegenden Oberflächen, die von den Bearbeitungsoberflächen **(12a)** des elektrisch leitenden Schleifsteins **(12)** während des Zuführens der alkalischen Flüssigkeit zwischen den Schleifstein **(12)** und der Nachbearbeitungselektrode **(28)** entfernt sind, und gleichzeitiges Anlegen der Gleichstrom-Spannung zwischen dem elektrisch leitenden Schleifstein **(12)** und der Nachbearbeitungselektrode **(28)**, um den elektrisch leitenden Schleifstein **(12)** durch Elektrolyt nachzubearbeiten; und
- (c) ein Schleifverfahren zum spanenden Bearbeiten eines Werkstückes **(1)** mit dem elektrisch leitenden Schleifstein **(12)**.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

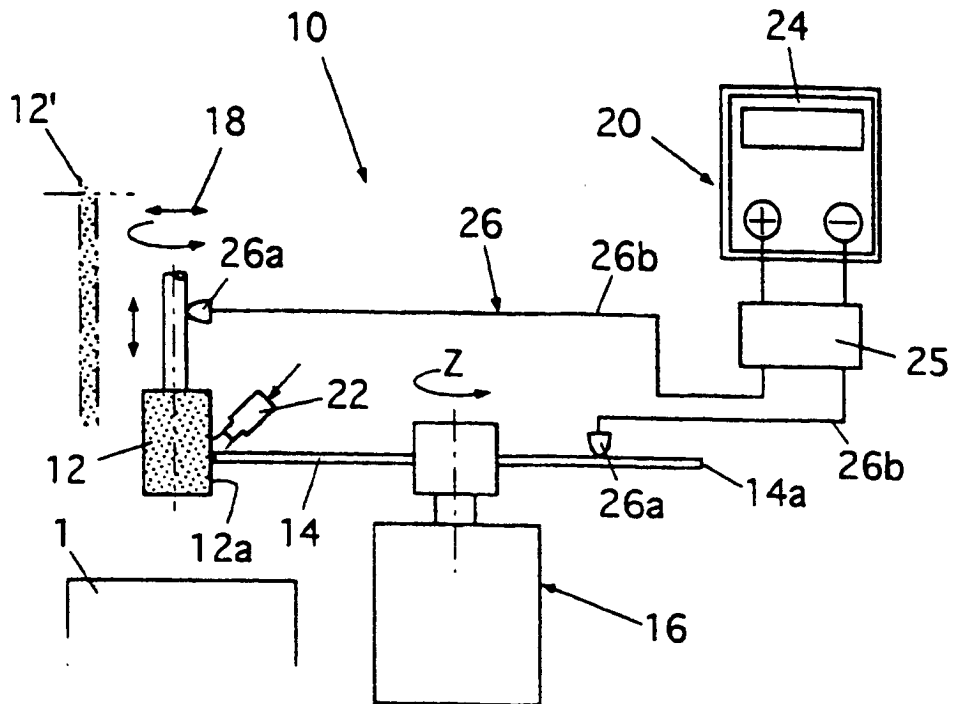


FIG. 2

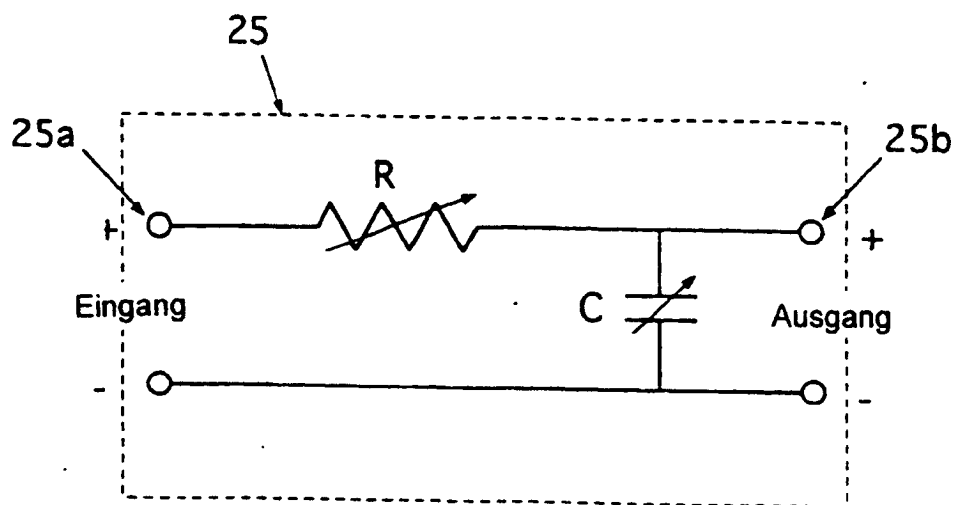


FIG. 3

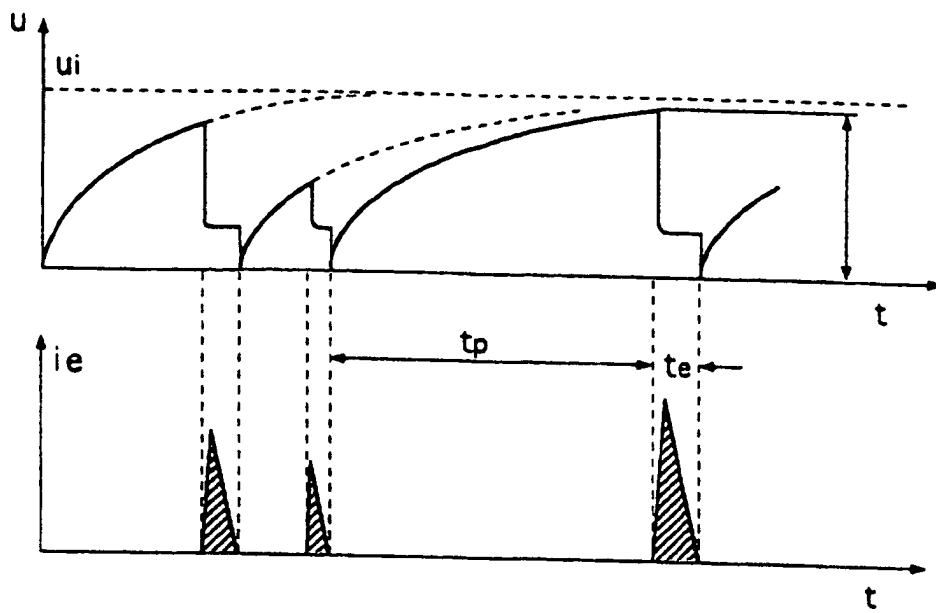


FIG. 4

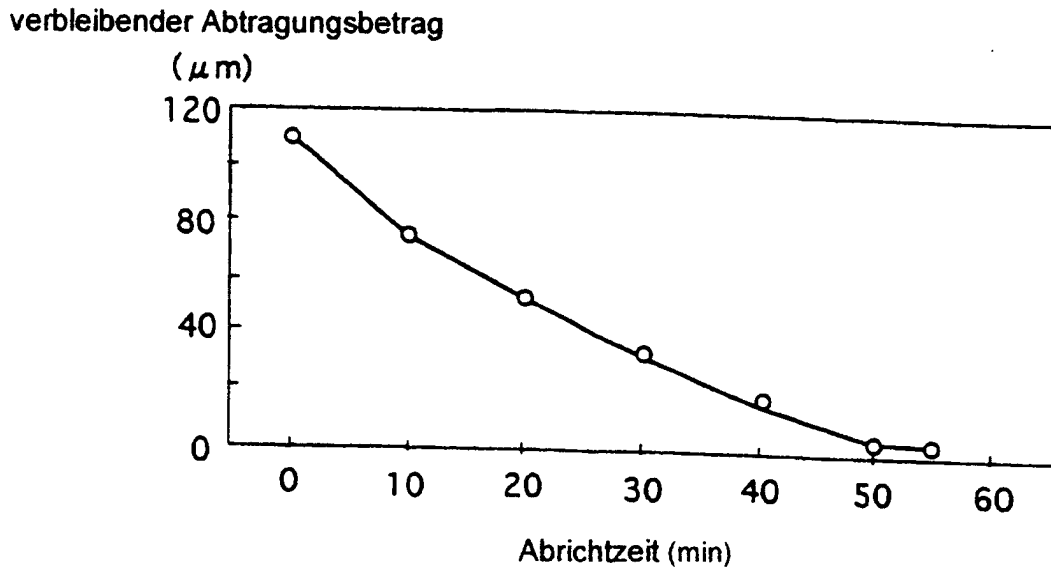


FIG. 5

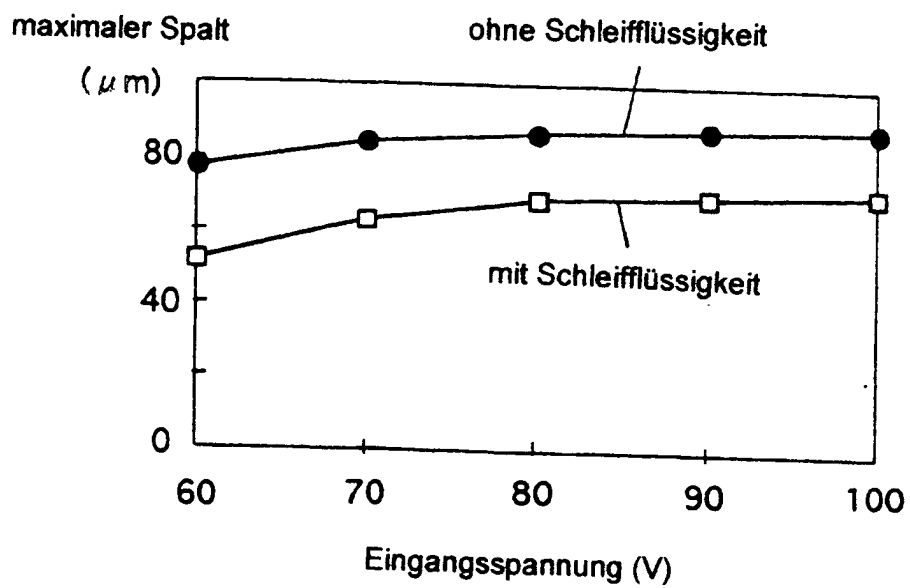


FIG. 6A

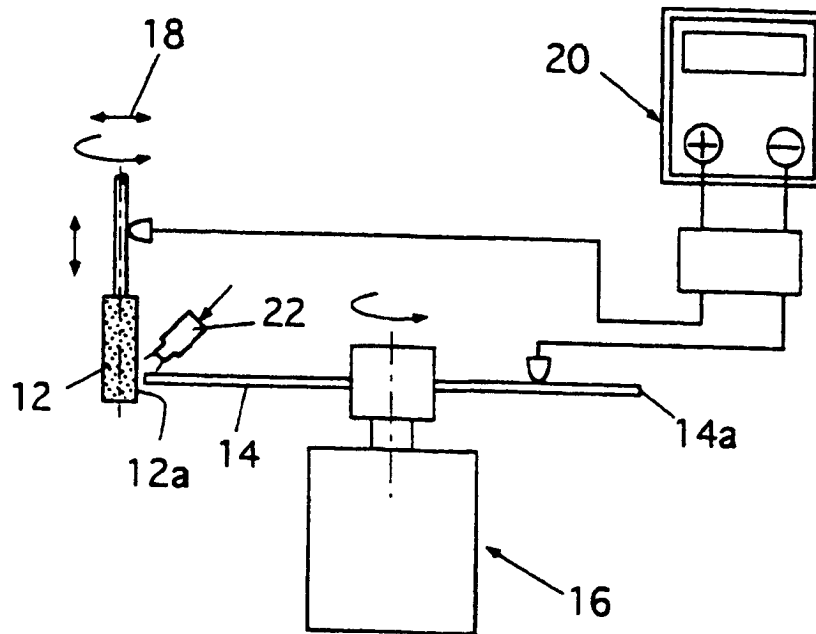


FIG. 6B

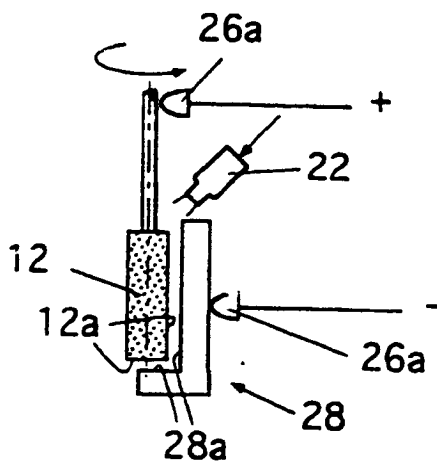


FIG. 6C

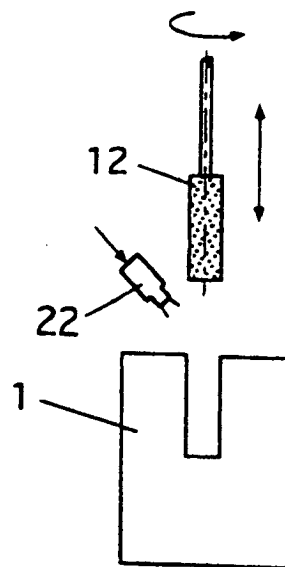


FIG. 7

