(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 199 32 645 C5** 2007.01.11

(12) **Geänderte Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **199 32 645.2**
(22) Anmeldetag: **13.07.1999**
(43) Offenlegungstag: **–**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **15.02.2001**
(45) Veröffentlichungstag des geänderten Patents: **11.01.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***B23H 11/00*** (2006.01)
B23H 7/02 (2006.01)

Patent nach Einspruchsverfahren beschränkt aufrechterhalten

(73) Patentinhaber:
AGIE S.A., Losone, Locarno, CH; Charmilles Technologies S.A., Satigny, CH

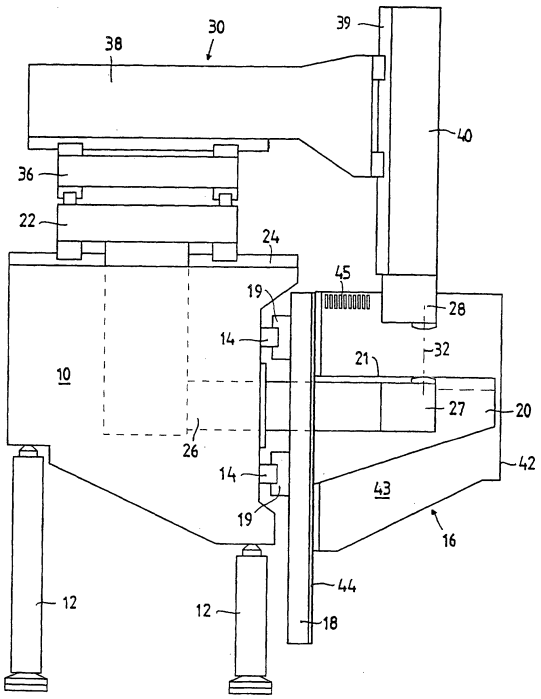
(74) Vertreter:
von Samson-Himmelstjerna, F., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 80538 München

(72) Erfinder:
Wehrli, Peter, Ascona, CH; Brun, René, Prévessin, FR

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 41 15 107 C2
DE 34 44 390 C1
DE 196 20 516 A1
DE 35 24 377 A1
US 52 43 165 A
US 49 83 802
EP 03 19 731 A2
BEITZ, W., KÜTTNER, K.-H.: Dubbel - Taschenbuch für den Maschinenbau. 14., vollständig neubearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin (u.a.): Springer, 1981, S.1024-1025;
CD-ROM PAJ: Pat. Abstr. of Japan. JP 08118159 A; QWD Drahterodiermaschine zum Bearbeiten PKD-bestückter Profilwerkzeuge. VOLLMER WERKE Maschinenfabrik GmbH, 88396 Biberach/Riss. Druckvermerk 304d/1.0/11.98/BVD;
QW Universalmaschine zum funkenerosiven Bearbeiten von PKD-bestückten Werkzeugen. VOLLMER WERKE Maschinenfabrik GmbH, 88396 Biberach/Riss. Ohne Druckvermerk;
QMC 100. VOLLMER WERKE Maschinenfabrik GmbH, 88396 Biberach/Riss. Druckvermerk 309d/1.0/03.00/BVD;
QR Erordiermaschine zum Bearbeiten des Zahnrückens PKD-bestückter Kreissägeblätter. VOLLMERT WERKE Maschinenfabrik GmbH, 88396 Biberach/Riss. Druckvermerk 301d/1.0/03.95/BVD;
CHC Automaten für Brust- und Rückenschliff hartmetallibestückter Kreissägeblätter. VOLLMER WERKE Maschinenfabrik GmbH, 88396 Biberach/Riss. Druck-

(54) Bezeichnung: **Funkenerosionsmaschine und Modulsatz für den Zusammenbau von Werkzeugmaschinen, insbesondere Funkenerosionsmaschinen**

(57) Hauptanspruch: Funkenerosionsmaschine, mit:
– einem Maschinengestell, das einen zentralen ruhenden Maschinenkörper (10) aufweist;
– einer Bearbeitungselektrode (32; 80) zum Bearbeiten eines Werkstückes (60), wobei die Bearbeitung durch eine Relativbewegung in die X/Y-Hauptachsenrichtung(en) zwischen der Bearbeitungselektrode (32; 80) und dem Werkstück (60) erfolgt;
– einem ersten Achsschlitten (16) zum Bewegen des Werkstückes (60) in die eine Hauptachsenrichtung (X) und einem zweiten Achsschlitten (22) zum Bewegen der Bearbeitungselektrode (32; 80) in die andere Hauptachsenrichtung (Y);
dadurch gekennzeichnet, daß
– der erste Achsschlitten (16) in einer im wesentlichen vertikalen Ebene unmittelbar am Maschinenkörper (10), in horizontaler Richtung verschiebbar, und der zweite Achsschlitten (22) in einer im wesentlichen horizontalen Ebene auf der Oberseite des Maschinenkörpers (10) angeordnet sind, und der erste Achsschlitten (16) einen verschiebbar gelagerten konsolenartigen Schlitten aufweist, auf welchem das Werkstück (60) in einer im wesentlichen horizontalen Lage montierbar ist und an welchem ein vertikal absenkbarer Arbeitsbehälter...


38
30
39
40
36
22
24
45
19
28
14
10
21
32
27
20
26
42
14
43
19
16
44
12
12
18

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Funkenerosionsmaschine, insbesondere eine Schneiderosionsmaschine und deren Achsanordnung, sowie einen Satz von Modulen für den Zusammenbau von Werzeugmaschinen, insbesondere Funkenerosionsmaschinen.

[0002] Funkenerosionsmaschinen sind z. B. in Form von Schneid- und Senkerosionsmaschinen weit verbreitet. Es wird dabei ein Bearbeitungswerkzeug in Form einer Drahtelektrode oder einer Senkelektrode relativ zu einem auf einem Werkzeugtisch aufgespannten Werkzeug bewegt, um eine elektrische Funkenentladung zwischen der Bearbeitungselektrode und dem Werkstück hervorzurufen. Der Aufbau der Maschine umfaßt im wesentlichen ein Maschinengestell mit einer Antriebskinematik zur Erzeugung der die Bearbeitungskontur bestimmende Relativverschiebung zwischen Werkstück und Bearbeitungselektrode, einen Werkzeugtisch mit geeigneten Spannmittel zur Aufnahme eines oder mehrerer Werkstücke, einen Generator, eine CNC-Steuerung sowie Einrichtungen für die Spülung des Arbeitsspaltes und der Aufbereitung einer ggf. verwendeten Arbeitsflüssigkeit.

[0003] Werkzeugmaschinen und vor allem Funkenerosionsmaschinen sind vielfältig einsetzbar. Daher haben sich im Laufe der Zeit verschiedene Bauformen abhängig von den jeweiligen Anforderungen, wie Verkaufspreis, Unterhaltskosten, Werkstücksgröße und maximale Verfahrwege, Qualität, Produktivität, Flexibilität und Automatisierbarkeit, Platzbedarf, Bedienungskomfort etc., entwickelt. Der Schwerpunkt bei der Entwicklung einer Werkzeugmaschine kann daher ganz unterschiedlich gesetzt werden. Häufig sind derartige Anforderungen auch gegenläufig, wie etwa der Platzbedarf der Maschine einerseits und die maximal zulässige Werkstücksgröße andererseits. Es wäre gerade im letztgenannten Fall wünschenswert, eine möglichst kompakte Bauweise zu haben, trotzdem aber auch größere Werkstücke bearbeiten zu können. Diesen Anforderungen werden z. B. die bisher bekannten Bauformen für Funkenerosionsmaschinen nur im beschränkten Maße gerecht.

[0004] Beispielsweise besitzen die meisten erhältlichen Schneiderosionsmaschinen ein C-Maschinengestell oder ein Portalgestell. Ein Beispiel für eine Schneiderosionsmaschine in C-Gestell-Bauweise ist in der DE 35 24 377 A1 der Anmelderin beschrieben. Das C-Gestell ist aus mehreren Blöcken, nämlich einem Maschinenbett einem Ständer und einem Maschinenkopf aufgebaut. Die Drahtelektrode ist zwischen einem oberen und einem unteren Drahtführungskopf im Arbeitsraum der Maschine gespannt und wird relativ zum Werkstück in einer X/Y-Hauptachsenebene bewegt. Hierfür sind unterschiedliche Achsanordnungen vorgesehen: die Hauptachsenbewegung in X/Y-Richtung wird mit einem gekoppelten X/Y-Kreuztisch durchgeführt, der entweder den Arbeitstisch, den Ständer des Maschinengestells oder den Kopf des Maschinengestells in den X/Y-Hauptachsenrichtungen bewegt.

[0005] Bei einer Schneiderosionsmaschine in Portalbauweise besteht das Maschinengestell aus einem Maschinenbett und einer darauf angeordneten geschlossenen portalartigen Säule. Auf dem Maschinenbett ist ein Arbeitstisch samt Arbeitsbehälter in eine Hauptachsenrichtung, z. B. die Y-Richtung, verschiebbar gelagert angeordnet. Die X-Vorschubbewegung der Drahtelektrode ist davon entkoppelt und wird durch einen X-Schlitten bewirkt, der auf dem Querträger der Portalsäule oberhalb des Arbeitsraumes vertikal verschiebbar ist. Eine solche Portalmaschine eignet sich auch zur Bearbeitung großer Werkstücke; sie benötigt andererseits aber auch einen entsprechend großen Aufstellungsplatz. Außer dem ist der Arbeitsraum der Maschine aufgrund der geschlossenen Bauweise nur bedingt zugänglich und eignet sich daher nur begrenzt für die Integration von Automatisierungsmaßnahmen.

[0006] In der US-5 243 165 ist ein weiteres Maschinenkonzept für eine Schneiderosionsmaschine beschrieben, bei welchem ähnlich wie bei der Portalbauweise die X/Y-Hauptachsenschlitten unabhängig voneinander angeordnet sind. Das Maschinengestell ist nach Art eines C-Gestells mit einem Maschinenbett und einer daran befestigten vertikalen Säule aufgebaut. In einer horizontalen Ebene auf dem Maschinenbett ist ein X-Schlitten verschiebbar angeordnet, auf welchem der Werkzeugtisch samt Arbeitsbehälter sitzt. Das Werkstück ist somit nur in X-Richtung bewegbar. Ein Y-Schlitten, mit welchem der obere und untere Drahtführungskopf gekoppelt ist, ist direkt auf der Maschinensäule angeordnet und bewegt nur die Drahtelektrode in Y-Richtung. Ein weiteres unmittelbar am oberen Drahtführungskopf angeordnetes Kreuztischsystem (sog. U/V-Kreuztisch) erlaubt die relative Auslenkung des oberen gegenüber dem unteren Drahtführungskopf. Zusätzlich ist ein Z-Antrieb für den oberen Drahtführungskopf vorgesehen.

[0007] Bei dieser Bauweise, aber auch bei der zuvor genannten C-Gestellbauweise, ist nachteilig, daß das aus mehreren Teilen, wie Maschinenbett, Säule und ggf. Maschinenkopf, zusammengesetzte Maschinengestell in der sog. Zwei- bzw. Mehrblockbauweise bei hohen Genauigkeitsanforderungen nicht genügend Eigensteifigkeit besitzt. Folglich muß der Aufstellplatz der Maschinen erhöhte Anforderungen an die Bodensteifigkeit erfüllen. Beispielsweise müssen die Maschinensäule als auch das Maschinenbett zum Boden mehrfach abgestützt werden. Das Aufstellen und Ausrichten einer derartigen Maschinen gestaltet sich sehr aufwendig, insbesondere muß die

Montage der verschiedenen Bestandteile des Maschinengestells besonders sorgfältig erfolgen, damit die Rechtwinkligkeit der Achsbewegungen erfüllt ist.

[0008] Dies gilt i. w. auch für ein weiteres Beispiel einer Bauform für eine Schneiderosionsmaschine, die aus der US 4 983 802 bekannt. ist. Im Zusammenhang mit der Beschreibung einer Zeichnungsvorrichtung, wie sie für Funkenerosionsmaschinen häufig eingesetzt wird, ist dort nur schematisch ein älteres Maschinenkonzept gezeigt, bei welchem eine wuchtige Maschinensäule auf der Oberfläche eines Maschinenbettes in eine Hauptachsenrichtung verschiebbar gelagert ist. In Querrichtung dazu ist ein Maschinentisch für die Aufnahme eines Werkstückes auf dem Maschinenbett in die andere Hauptachsenrichtung verschiebbar angeordnet. Dabei liegt der Maschinentisch auf einem vom übrigen Maschinenbett getrennten Abschnitt des Maschinengestells auf und wird dort abgestützt, ähnlich wie bei der aus der US 5 243 165 bekannten Bauform. Das Maschinenbett ist bei dieser Achsanordnung zwangsläufig zweiteilig ausgebildet, damit die gewünschten Verfahrwege erreicht werden können.

[0009] Aus der DE 41 15 107 C2 ist eine Funkenerosionsmaschine nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 bekannt. Dabei handelt es sich um eine komplizierte Vorrichtung zum funkenerosiven Bearbeiten von Schneidplatten mittels einer Drahtelektrode, wobei jeweils eine Schneidplatte programmgesteuert um eine Werkstückachse (A) gedreht sowie im Bezug zur Drahtelektrode längs mindestens einer von drei Hauptachsen (X, Y, Z), darunter eine zur Werkstückachse (A) parallele Hauptachse (X), geradlinig verstellbar ist. Ferner ist die Drahthalterung um eine Werkzeugachse (E) drehbar, die sich im rechten Winkel zur Drahtelektrode sowie zu zwei Achsen (X, Y) des Koordinatensystems erstreckt. Zwar kann das Maschinengestell der bekannten Vorrichtung als ein zentraler Maschinenkörper interpretiert werden; die für die Bearbeitungsgenauigkeit maßgeblichen X/Y-Hauptachsenschlitten sind jedoch nicht unmittelbar mit dem Maschinenkörper verbunden, so daß eine Rechtwinkligkeit der X/Y-Hauptachsenbewegung nicht optimal gegeben ist. Der X-Schlitten ist auf einem Schlitten befestigt, der seinerseits in Richtung der Z-Achse entlang einer senkrechten Führung des Maschinengestells verschiebbar gelagert ist. Vor allem bei schweren Werkstücken ist dadurch die Bearbeitungsgenauigkeit beeinträchtigt.

[0010] Im übrigen sind aus BEITZ, W.; KÜTTNER, K.-H.: Dubbel-Taschenbuch für den Maschinenbau. 14., vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin [u. a.]: Springer, 1981, S. 1024 und 1025 verschiedene Bauformen von Fräsmaschinen, sog. Bett- und Konsolfräsmaschinen, bekannt, bei welchen die Achsschlitten für die beiden Haupt- achsbewegungen gesondert und unabhängig voneinander an verschiedenen Teilen des Maschinengestells angeordnet sind. Das Maschinengestell ist immer aus mehreren tragenden Teilen in der Art einer Zwei- oder Mehrblockbauweise zusammengesetzt.

[0011] Mit Teilaspekten der vorliegenden Erfindung beschäftigen sich noch die DE 34 44 390 C1, Patent Abstracts Of Japan JP 08118159 A und DE 196 20 516 A1.

[0012] Die Erfindung zielt darauf ab, den konstruktiven Grundaufbau bekannter Funkenerosionsmaschinen im Hinblick auf eine höhere Bearbeitungsgenauigkeit weiterzuentwickeln.

[0013] Die Erfindung erreicht dieses Ziel durch den Gegenstand von Anspruch 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen davon sind in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0014] Danach umfaßt die erfindungsgemäße Funkenerosionsmaschine ein Maschinengestell in Form eines zentralen ruhenden Maschinenkörpers, ferner eine Bearbeitungselektrode zum Bearbeiten eines Werkstückes, wobei die Bearbeitung durch eine Relativbewegung in die X/Y-Hauptachsenrichtung(en) zwischen der Bearbeitungselektrode und dem Werkstück erfolgt, einen ersten Achsschlitten zum Bewegen des Werkstückes in die eine Hauptachsenrichtung und einen zweiten Achsschlitten zum Bewegen der Bearbeitungselektrode in die andere Hauptachsenrichtung, wobei der erste Achsschlitten in einer im wesentlichen vertikalen Ebene unmittelbar am Maschinenkörper in horizontaler Richtung verschiebbar und der zweite Achsschlitten in einer im wesentlichen horizontalen Ebene auf der Oberseite des Maschinenkörpers angeordnet sind.

[0015] Nach dem erfindungsgemäßen Maschinenkonzept besitzt. das Maschinengestell im wesentlichen nur einen einzigen selbsttragenden Maschinenkörper, der sich gegenüber dem Boden abstützt. Im Gegensatz zur Mehrblockbauweise bekannter Funkenerosionsmaschinen, insbesondere der aus US 5 243 165 bekannten Zweiblockbauweise, basiert die erfindungsgemäße Funkenerosionsmaschine auf einer kompakten Monoblockbauweise, wobei die X/Y-Hauptachsenschlitten unmittelbar mit dem monoblockartigen Maschinenkörper verbunden sind. Dies gewährleistet eine hohe Steifigkeit der Anordnung insgesamt eine sehr gute Rechtwinkligkeit der X/Y-Hauptachsenbewegung und vor allem einen kurzen Kraftflußübertragungsweg zwischen der Bearbeitungselektrode und dem Werkstück sowie kurze Strompfade für eine bessere Impulsübertragung an die Funkenstrecke, alles zusammen hervorragende Voraussetzungen für eine hohe Bearbeitungsgenauigkeit der Maschine. Als weitere Vorteile kommen der geringe Platzbedarf der erfindungsgemäßen Maschi-

ne sowie die im Grunde einfache Konstruktion des Maschinengestells und die damit verbundenen wirtschaftlichen Herstellungskosten der Gesamtanlage. Weilerhin sind aufgrund der Entkupplung der beiden Hauptachsenschlitten in X- und Y-Richtung ohne weiteres auch größere Verfahrwege und damit die Bearbeitung von größeren Werkstücken möglich.

[0016] Erfindungsgemäß sind der erste Achsschlitten – angenommen der X-Schlitten – in einer im wesentlichen vertikalen Ebene seitlich am Maschinenkörper und der zweite Achsschlitten – angenommen der Y-Schlitten – in einer im wesentlichen horizontalen Ebene auf der Oberseite des Maschinenkörpers befestigt. Die X- und Y-Schlitten sind dabei zum Beispiel auf Führungsschienen, welche unmittelbar auf dem Maschinenkörper liegen bzw. seitlich am Maschinenkörper angeordnet sind, verschiebbar, wodurch die Belastungsbedingungen für die X- und Y-Schlitten in jeder Position im wesentlichen gleich bleiben. Durch die Anordnung der X/Y-Hauptachsenschlitten auf zueinander senkrechten Flächen des Maschinenkörpers ist es im Gegensatz zur Mehrblockbauweise relativ einfach die Rechtwinkligkeitbedingung einzuhalten.

[0017] Erfindungsgemäß weist der erste Achsschlitten einen verschiebbar gelagerten konsolenartigen Schlitten zur Verschiebung des Werkstückes z. B. in die X-Hauptachsenrichtung mit einer im wesentlichen horizontalen Werkstücksauflagefläche auf. Auf dieser beweglichen Konsole sind vorzugsweise geeignete Mittel zum Befestigen eines oder mehrerer Werkstücke vorhanden. Zusätzlich dient der konsolenartige Schlitten, wie nachfolgend noch näher erläutert wird, als Basis für die Aufnahme eines absenkbaren Arbeitsbehälters. Der konsolenartige Schlitten und damit das/die aufgespannte(n) Werkstücke) ist/sind von drei Seiten frei zugänglich, einschließlich des freien Zuganges unterhalb der Konsole, der nicht wie üblich durch das Maschinengestell versperrt ist. Somit ist der Arbeitsraum der Maschine zum Be- und Entladen sowie zum Messen und Kontrollieren der Bearbeitung sehr gut zugänglich, und zwar sowohl für den Bediener als auch für allfällige Automatisierungsmittel, wie Roboter, etwaige Wechselsysteme, Meß- und Überwachungsgeräte oder sonstige Mittel.

[0018] Bevorzugt umfaßt der konsolenartige Schlitten eine im wesentlichen vertikale Montageplatte, welche über Führungsschlitten auf einem Schienenpaar am Maschinenkörper geführt ist. Diese Montageplatte ist vergleichbar mit einem in X/Y-Ebene ausgerichteten Arbeitstisch einer konventionellen Maschine, der hier jedoch um 90° gedreht ist. Die Montageplatte weist. eine hohe Steifigkeit und eine ausreichende Abmessung auf, so daß sie als Basis für eine Werkstücksauflage und ggf. für die Rückwand eines Arbeitsbehälters dienen kann. Vorzugsweise ist eine balkenartige Werkstücksauflage für die Abstützung eines Werkstückes unmittelbar auf der Montageplatte befestigt, wodurch vorteilhaft ein kurzer Kraftflußweg zum Werkstück und somit auch eine hohe Steifigkeit der Anordnung gewährt wird. Bei diesem Aufbau des konsolenartigen Schlittens, dessen Komponenten ohne besondere Schwierigkeiten genau gefertigt werden können, ist ohne großen Aufwand eine gute geometrische Grundgenauigkeit erzielbar.

[0019] Bekanntlich wird die hochgenaue Funkenerosionsbearbeitung meist in einem Bad aus einer dielektrischen Arbeitsflüssigkeit zum Spülen des Arbeitsspaltes und zur thermischen Stabilisierung des Werkstückes ausgeführt. Hierfür ist ein entsprechender Behälter zur Aufnahme der Arbeitsflüssigkeit (nachfolgend "Arbeitsbehälter" genannt) vorgesehen, der den Arbeitsraum der Maschine umgibt und vor jeder Bearbeitung mit der Arbeitsflüssigkeit aufgefüllt wird. Nach Beenden der Bearbeitung wird die Arbeitsflüssigkeit aus dem Arbeitsbehälter abgelassen und der Arbeitsbehälter zum Be- und Entladen des Werkstückes geöffnet. Das erfindungsgemäße Maschinenkonzept schafft hier einen entscheidenden Vorteil: da der Bereich unterhalb der beweglichen Konsole weitgehend frei ist, läßt sich die erfindungsgemäße Maschine mit einem vertikal absenkbaren Arbeitsbehälter ausstatten. Dieser Arbeitsbehälter läßt sich frei, ohne Hindernisse, vertikal nach unten bewegen, so daß der Arbeitsraum von zumindest drei Seiten frei zugänglich ist, z. B. zum Be- und Entladen sowie zum Messen und Kontrollieren der Bearbeitung. Die erfindungsgemäße Bauweise eignet sich daher hervorragend zur Implementierung von Automatisierungsmaßnahmen, z. B. die Automatisierung der Arbeitsbehältervorgänge und die Einbeziehung von Palettenwechslern und Robotern in Produktions- bzw. Transferstraßen. Auch ein Laden mit Hilfe eines Staplers ist aufgrund des von unten frei zugänglichen konsolenartigen Schlittens begünstigt.

[0020] Bevorzugt ist der Arbeitsbehälter aus einem beweglichen, Behälterteil, welcher auf der zum Maschinenkörper hin gewandten Seite (Behälterrückseite) offen ist, und einer feststehenden Rückwand aufgebaut, welche unmittelbar auf der Montageplatte des konsolenartigen Schlittens befestigt ist; oder die Montageplatte bildet selbst die Rückwand des Arbeitsbehälters. An beiden seitlichen Wänden des Arbeitsbehälters sind vorzugsweise vertikal verlaufende Führungsschienen mit einem entsprechenden Hebemechanismus vorgesehen, so daß der Arbeitsbehälter, oder besser der bewegliche Teil des Arbeitsbehälters, aus einer Arbeitsposition schnell in eine abgesenkte Position bewegt werden kann. Durch den zweiteiligen Aufbau ist gewährleistet, daß ohne aufwendige Bewegungs- und Abdichtungsmechanismen ein automatisch absenkbarer Arbeitsbehälter seine Funktion sicher erfüllen kann. Ferner hat die

Aufteilung in nur zwei Teile den Vorteil einer Minimierung von Dichtungsproblemen auf wenige Flächen; zusätzlich den Vorteil eines vergleichsweise stabilen Arbeitsbehälters.

[0021] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Behälterrückwand und/oder die Montageplatte so weit verlängert sind, daß der bewegliche Behälterteil auch in abgesenkter Position an der Behälterrückwand oder an der Montageplatte anliegt, so daß auch in dieser Position bei Bedarf eine "Halten" der Arbeitsflüssigkeit im Arbeitsbehälter möglich ist. Im Gegensatz zu bekannten Bauweisen kann damit der Arbeitsraum der erfindungsgemäßen Maschine zugänglich gemacht werden, ohne daß, wie üblich, die Arbeitsflüssigkeit entleert werden muß. Bei Bedarf wird der erfindungsgemäße bewegliche Behälterteil samt der darin enthaltenen Arbeitsflüssigkeit einfach vertikal in die abgesenkte Position verschoben, in welcher er dennoch einen dichten Aufnahmebehälter für die Arbeitsflüssigkeit bildet. Damit kann die Zeit, die benötigt wird, um den der Arbeitsraum der Maschine für einen Bediener oder eine automatische Vorrichtung zugänglich zu machen, erheblich reduziert werden, was für eine drastische Verbesserung der Arbeitseffizienz sorgt; außerdem kann die Funkenerosionsmaschine auch in den Zustand des abgesenkten Arbeitsbehälters durch die enthaltene Arbeitsflüssigkeit thermisch stabilisiert werden. Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann die Regulierung des Niveaus der Arbeitsflüssigkeit im Arbeitsbehälter durch einen im vertikal beweglichen Behälterteil integrierten Überlauf, z. B. in Form von einem oder mehreren Überlaufschlitzen in der Behälterwand, erfolgen, der auf der Höhe des gewünschten Flüssigkeitspegels angeordnet ist.

[0022] Für die Abdichtung des beweglichen Behälterteils gegenüber der festen Behälterrückwand (oder der Montageplatte selbst) ist vorzugsweise entlang der der Rückwand zugewandten Kontaktflächen des beweglichen Behälterteils zumindest abschnittsweise eine mit einem Fluid beaufschlagbare, z. B. durch Luft aufblasbare, Dichtung oder ein Dichtungsprofil aus einem Elastomer oder eine Kombination davon angeordnet. Die Befestigung der Dichtung(en) kann z. B. durch Kleben, Klammern oder Eindrücken in entsprechende Profilhalter erfolgen. Wenn der bewegliche Teil des Arbeitsbehälters die oberste Position erreicht, wird die statisch arbeitende Dichtung mit dem Fluid beaufschlagt, wodurch sie die Dichtigkeit gegenüber der Rückwand des Arbeitsbehälters (oder der Montageplatte) herstellt. Auf diese Weise können Be- und Entladevorgänge an der Maschine rasch erfolgen, genauso schnell kann durch Absenken des Arbeitsbehälters das Werkstück und die Bearbeitungselektrode rasch frei zugänglich gemacht werden.

[0023] Bei einer besonders kompakten Variante hat der Maschinenkörper eine im wesentlichen quaderartige Form und ist über mehrere, insbesondere drei, Säulen zum Boden abgestützt. Damit wird das Volumen des Maschinenkörpers kleiner und der Raum unterhalb des Maschinenkörpers kann etwa für die Unterbringung weiterer Maschinenkomponenten, wie einem Dielektrikumsaggregat, einem Altdraht-Sammelbehälter oder Modulen der Steuerung und des Generators, verwendet werden. Der Maschinenkörper kann alternativ auch direkt auf die zuvor aufgeführten Maschinenkomponenten abgestützt werden, ohne besondere Stützsäulen. Bei einer mittleren Baugröße ist. der Maschinenkörper in idealer Weise auf drei Auflagestellen abgestützt. Bei größeren Maschinen nach vorliegendem Konzept kann der Maschinenkörper bis zum Boden gebaut werden und sich dort auf drei oder mehr Auflagestellen abstützen. In diesem Fall sind bevorzugt Hohlräume im Maschinenkörper zur Aufnahme von Modulen vorgesehen.

[0024] Bevorzugt ist die gesamte Maschine in einer Wanne aufgestellt, wobei sich ein Aggregat zur Aufbereitung der Arbeitsflüssigkeit zumindest teilweise im Bereich unterhalb des absenkbaren Arbeitsbehälters befindet. Eine solche Anordnung ist besonders vorteilhaft, weil man lange Leitungen für Übertragung der Arbeitsflüssigkeit in und aus dem Arbeitsbehälter vermeidet und somit das Auffüllen und Entleeren des Arbeitsbehälters entsprechend rasch erfolgen kann. Desweiteren kann das Dielektrikum-Aggregat auch zur Aufnahme einer etwaigen Leckageflüssigkeit aus dem Arbeitsbehälter ausgelegt sein und diese automatisch in die Aufbereitung der Arbeitsflüssigkeit zurückführen.

[0025] Das erfindungsgemäße Maschinenkonzept sieht besonders bevorzugt auch weitere Achsbewegungssysteme vor. Zur Anpassung der Bearbeitungselektrode an die jeweilige Werkstückshöhe ist beispielsweise ein Z-Antrieb zur Verschiebung der Bearbeitungselektrode oder eines Elektrodenkopfes in vertikaler Richtung vorgesehen ist. Im Falle einer Schneiderosionsmaschine können mit einem in Z-Richtung verschiebbaren oberen Drahtführungskopf die Vertikalkonturen unebener oder ungleich hoher Werkstücke einfach kompensiert werden. Dies führt ebenfalls zu höheren Abtragsleistungen und/oder einer besseren Präzision der Bearbeitung.

[0026] Die bisherigen Ausführungen haben sich auf Funkenerosionsmaschinen allgemein bezogen, d. h. die erfindungsgemäße Bauart ist z. B. für Schneiderosionsmaschinen und Senkerosionsmaschinen gleichermaßen anwendbar. Bei einer bevorzugten Variante einer Schneiderosionsmaschine ist die Bearbeitungselektrode eine Drahtelektrode, die zwischen einem oberen und einem unteren Drahtführungskopf im Arbeitsraum der Maschine geführt ist, wobei der obere und untere Drahtführungskopf jeweils über ei-

nen entsprechenden Drahtführungsarm mit dem zweiten Achsschlitten gekoppelt sind, um mit dem zweiten Achsschlitten die Drahtelektrode in eine der Hauptachsenrichtungen – angenommen die Y-Richtung – zu bewegen. Desweiteren sieht das erfindungsgemäße Maschinenkonzept für eine Schneiderosionsmaschine vor, daß der obere gegenüber dem unteren Drahtführungskopf in einer horizontalen Ebene, sogenannte U/V-Ebene, verschiebbar ist, um konische Schnitte durchführen zu können. Hierfür sind im Übertragungsweg zwischen dem oberen Drahtführungskopf und dem zweiten Achsschlitten zwei rechtwinklig zueinander verstellbare U/V-Achsenschlitten, z. B. ein kartesischer U/V-Kreuzschlitten, eingefügt.

[0027] Das Maschinenkonzept einer Schneiderosionsmaschine sicht bevorzugt vor, daß der untere Drahtführungsarm im Inneren des Maschinenkörpers verläuft und durch eine langlochartige, in Richtung der einen Hauptachse, z. B. X-Achse, orientierte, Öffnung der Montageplatte des konsolenartigen Schlittens und der ggf. befestigten Arbeitsbehälterrückwand in den Arbeitsraum der Maschine ragt, wobei der untere Drahtführungsarm durch ein erstes in Axialrichtung des Drahtfürungsarmes elastisches Dichtungsmittel und durch ein zweites quer zur Axialrichtung gleitfähiges Dichtungsmittel gegenüber dem Arbeitsbehälter abgedichtet ist. Bevorzugt ist das erste Dichtungsmittel eine den Drahtführungsarm konzentrisch umgebende Faltenbalgdichtung; und das zweite Dichtungsmittel zur gleitfähigen Abdichtung zwischen dem Drahtführungsarm und dem Arbeitsbehälter weist bevorzugt zumindest ein Gleitteil und ein elastisches Ausgleichselement, wobei das elastische Ausgleichselement unter Beaufschlagung durch ein Fluid, z. B. eine mit Druckluft beaufschlagbare Gummidichtung, eine Kraft auf das Gleitteil ausübt. Weitere Varianten für eine hier geeignete gleitfähige Abdichtung sind beispielsweise aus der EP 0 467 060 A1 der Anmelderin bekannt, welche hier durch Bezugnahme zum Inhalt der vorliegenden Anmeldung gehört. Grundsätzlich sind aber auch alle möglichen Kombinationen dieser Dichtungen einsetzbar. Vorteilhaft ist dabei, daß mit diesen Maßnahmen eine betriebssichere, auf einfache Weise und mit vernünftigem Aufwand herstellbare und montierbare Abdichtung realisierbar ist. Dennoch kann sich der untere Drahtführungsarm gegenüber dem Arbeitsbehälter mit geringem Widerstand und fluiddicht in den X/Y-Hauptachsenrichtungen bewegen.

[0028] Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung sind die Grundelemente des hier beschriebenen Maschinenkonzeptes nicht nur für Funkenerosionsmaschinen sondern auch für andere Typen von Werkzeugmaschinen verwendbar, bei welchem die Bearbeitung durch eine Relativbewegung in X/Y-Hauptachsenrichtung(en) zwischen einem Bearbeitungswerkzeug und einem Werkstück erfolgt, z. B. Fräsmaschine, Bohrmaschine, Schleifmaschine oder ähnliche. Hierzu stellt die Erfindung einen Modulsatz für den Zusammenbau von Werkzeugmaschinen, insbesondere von Funkenerosionsmaschinen, mit mehreren folgender Module zur Verfügung: einen zentralen Maschinenkörper; einen ersten konsolenartigen Schlitten zur Verschiebung eines Werkstückes in einer ersten Hauptachsenrichtung – angenommen die X-Richtung, der in einer im wesentlichen vertikalen Ebene seitlich am Maschinenkörper, in horizontaler Richtung verschiebbar, befestigbar ist; und einen zweiten Achsschlitten zur Verschiebung eines Bearbeitungswerkzeuges in einer zweiten Hauptachsenrichtung – angenommen die Y-Richtung – und zur Anordnung an dem Maschinenkörper; wobei diese Module derart ausgelegt sind, daß sie für den Zusammenbau verschiedenartiger Werkzeugmaschinen, z. B. Senkerosionsmaschine, Schneiderosionsmaschine, Fräsmaschine oder ähnliche, verwendet werden können. Diese Grundmodule bilden die Bausteine eines Baukastens, mit welchem verschiedenartige Werkzeugmaschinen zusammengebaut werden können. Die einfachste Variante der Erfindung besteht darin, lediglich die Grundelemente zu verwenden, um z. B. eine Fräs- oder Senkerosionsmaschine zu bauen. Bei einer erweiterten Variante mit zusätzlichen UN und/oder Z-Antrieben erreicht man bereits eine Schneiderosionsmaschine. Es können also die gleichen substantiellen Maschinenmodule für unterschiedliche Maschinenvarianten eingesetzt werden, mit dem Vorteil einer preiswerteren Herstellung von Werkzeugmaschinen.

[0029] Zusammenfassend ergeben sich durch das erfindungsgemäße Maschinenkonzept folgende Vorteile für den Werkzeugmaschinenbau:

- eine kompakte, selbsttragende Monoblockbauweise mit kurzem Kraftflußweg zwischen Werkzeug und Werkstück, d. h. eine hohe mechanische Steifigkeit und damit eine hohe Genauigkeit der Bearbeitung;
- eine gute Zugänglichkeit von mindestens drei Seiten zum Arbeitsraum und freier Zugang unter dem konsolenartigen Schlitten, z. B. Laden mit Stapler möglich;
- eine problemlose Implementierung von Automatisierungsmaßnahmen möglich, insbesondere Automatisierung des Arbeitsbehälters, Palettenwechsler oder Roboter;
- einfache Konstruktion und niedrige Herstellungskosten der Gesamtmaschine;
- geringer Raumbedarf; und
- ein modulares Konzept für den Zusammenbau verschiedenartiger Werkzeugmaschinen.

[0030] Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele. In der Beschreibung wird auf die beigefügte schematische Zeichnung Bezug genommen. Darin zeigen:

[0031] Fig. 1 einen Längsschnitt der wesentlichen Komponenten einer ersten Variante einer erfindungsgemäßen Funkenerosionsmaschine;

[0032] Fig. 2 einen Längsschnitt der Funkenerosionsvorrichtung gemäß Fig. 1 mit zusätzlichen Komponenten;

[0033] Fig. 3 eine Detailansicht im Längsschnitt vom unteren Drahtführungsarm und der X-Konsole der Funkenerosionsmaschine gemäß Fig. 1.;

[0034] Fig. 4 eine vergrößerte Teilansicht der Dichtungselemente zwischen unterem Drahtführungsarm und Arbeitsbehälter aus Fig. 3; und

[0035] Fig. 5 einen Längsschnitt einer weiteren Variante der erfindungsgemäßen Funkenerosionsmaschine in Form einer Senkerosionsmaschine.

[0036] Im nachfolgenden wird das erfindungsgemäße Maschinenkonzept anhand einer Schneid- und einer Senkerosionsmaschine beschrieben. Die Beschreibung und die Figuren beschränken sich auf eine Darstellung der wesentlichen zum Verständnis der Erfindung dienenden Komponenten einer Funkenerosionsmaschine. Weitere Maschinenelemente, wie Generator und CNC-Steuerung, sind nicht dargestellt, da sie als selbstverständlich vorausgesetzt werden. Es wird ferner eine Terminologie verwendet, die der leichteren Lesbarkeit der Beschreibung dient, jedoch nicht einschränkend zu verstehen ist; beispielsweise beziehen sich die Ausdrücke "oben" bzw. "unten" auf Funkenerosionsmaschinen mit vertikaler Arbeitsaufstellung. Desweiteren sind in den verschieden Beispielen einander entsprechende Bauteile mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0037] Fig. 1 zeigt eine Schneiderosionsmaschine in der erfinderischen Monoblockbauweise. Das Maschinengestell besteht – abweichend von bekannten Zwei- oder Mehrblockkonstruktionen – im wesentlichen aus einem einzigen zentralen Maschinenkörper **10**, der hier auf drei aufrechten Säulen **12** steht, nämlich auf einer hinteren langen und zwei vorderen kürzeren Säulen. Eine solche Abstützung des Maschinenkörpers **10** ist insbesondere für Funkenerosionsmaschinen von mittlerer bis kleiner Baugröße geeignet, größeren erfindungsgemäße Maschinen haben aus Stabilitätsgründen bevorzugt einen geschlossenen Maschinenkörper, der bis zum Boden reicht und ggf. auf drei oder mehr Auflagestellen abgestützt ist.

[0038] An einer vertikalen Fläche an der vorderen (zum Arbeitsraum der Maschine gewandten) Seite des Maschinenkörpers **10** ist ein horizontal verlaufendes Schienenpaar **14** befestigt, auf welchem ein konsolenartiger Schlitten **16** in eine Hauptachsenrichtung – angenommen die X-Richtung – verschiebbar gelagert ist. Auf dem konsolenartigen Schlitten **16**, der nach Art einer Konsole vom Maschinenkörper **16** seitlich vorsteht und nachfolgend als "X-Konsole" bezeichnet wird, ist eines oder mehrere zu bearbeitende Werkstücke in einer im wesentlichen horizontalen Auflagefläche aufgespannt und vollführt während der Bearbeitung die X-Hauptachsenbewegung.

[0039] Die X-Konsole **16** weist einen kompakten Aufbau mit guter geometrischer Grundgenauigkeit auf. Hierzu ist eine vertikale Platte **18** (sogenannte X-Platte) mit vier Führungsschlitten **19** verschraubt, welche jeweils paarweise auf dem Schienenpaar **14** geführt sind. Diese X-Platte **18** dient nach Art. eines um 90° gedrehten Werkzeugtisches als Basis für verschiedene Komponenten, wie sie nachfolgend beschrieben werden. Unmittelbar auf der X-Platte **18** eine in Fig. 1 schematisch dargestellte balkenartige Werkstücksauflage **20** befestigt, auf welcher ein (in Fig. 1 nicht dargestelltes) Werkstück mit geeigneten Spannmitteln auf einer horizontalen Werkstücksauftagefläche **21** montiert wird.

[0040] Die zweite Hauptachsenbewegung in Y-Richtung bewirkt ein Y-Schlitten **22**, der auf einem Schienenpaar **24** in einer horizontalen Ebene auf der Oberseite des Maschinenkörpers **10** in Y-Richtung verschiebbar gelagert ist. Mit dem Y-Schlitten **22** ist unterseitig ein L-förmiger unterer Drahtführungsarm starr verbunden, der durch das Innere des Maschinenkörpers **10** und durch die X-Konsole **16** hindurch in den Arbeitsraum der Maschine ragt und an seinem vorderen Ende einen unteren Drahtführungskopf **27** trägt. In einem Abstand über den unteren Drahtführungskopf ist im Arbeitsraum der Maschine ein oberer Drahtführungskopf **28** angeordnet, der am vorderen freien Ende eines oberen Drahtführungsarmes **30** befestigt ist. Zur Bearbeitung eines Werkstückes wird eine (schematisch angedeutete) Drahtelektrode **32** zwischen dem oberen und unteren Drahtführungskopf **28** bzw. **27** geführt. Die Schnittkontur wird durch die Relativbewegung in X/Y-Richtung zwischen einem Werkstück und der Drahtelektrode **32** bestimmt. Bei dem Ausführungsbeispiel in Fig. 1 ist der obere Drahtführungsarm **30** über mehrere zwischengeschaltete Antriebe, die weiter unten näher erläutert werden, mit dem Y-Schlitten **22** verbunden; und an diesem ist auch der untere L-förmige Drahtführungsarm **26** befestigt, so daß bei einer Verschiebung des Y-Schlittens **22** beide Drahtführungsarme **26** und **30** und damit beide Drahtführungsköpfe parallel in der Y-Hauptachsenrichtung verschoben werden. Das Werkstück steht dagegen in Y-Richtung still und wird durch die X-Konsole **16** nur in X-Richtung verschoben. Selbstverständlich sind die X-Konsole **16** und der Y-Schlitten **22** jeweils numerisch über eine CNC-Steuerung gesteuert, um so die gewünschte Schnittkontur im Werkstück zu erzeugen.

[0041] Bei der bisher beschriebenen Anordnung liegen die Drahtführungsköpfe **27** und **28** vertikal über-

einander, so daß man nur gerade Schnitte (parallel zur Z-Achse) ausführen kann. Zum Schneiden konischer Schnitte ist zusätzlich ein sogenannter U/V-Kreuzschlitten zur kartesischen Verstellung des oberen Drahtführungskopfes **28** in einer vertikalen Ebene: der sogenannten U/V-Ebene, gegenüber dem unteren Drahtführungskopf **27** vorgesehen Hierzu ist direkt auf dem Y-Schlitten **22** eine rechtwinklig dazu verschiebbar gelagerter U-Schlitten **36** angeordnet, und auf diesem nochmals ein weiterer rechtwinklig zum U-Schlitten **36** verschiebbar gelagerter V-Schlitten bzw. V-Ausleger **38** angeordnet. U- und V-Schlitten **36**, **38** sind nach Art eines kartesischen Kreuzschlittens miteinander gekoppelt. Des weiteren sind beide Schlitten mit dem Y-Schlitten **22** der Maschine gekoppelt, so daß bei einer Y-Hauptachsenbewegung durch den Y-Schlitten die U- und V-Schlitten automatisch mitgenommen werden.

[0042] Des weiteren wird der obere Drahtführungskopf **28** von einer in vertikaler Richtung (Z-Hauptachsenrichtung) verschiebbare Pinole **40** getragen, die am vorderen freien Ende des V-Auslegers **38** über entsprechende Führungsschienen **39** verschiebbar gelagert ist. Diese Anordnung entspricht dabei weitgehendst dem Z-Antrieb einer Senkerosionsmaschine. Bei jeder Verschiebung des Y-Schlittens **22** werden demnach neben den U- und V-Schlitten **36**, **38** auch die Pinole **40** mitgenommen. Es versteht sich, daß sämtliche der beschriebenen Achsantriebe jeweils über einen Motor und ein Getriebe sowie über etwaige Gewindespindeln verfügen, welche auf die beschriebenen Führungsschlitten einwirken, um unter Vorgabe der numerischen Steuerung die gewünschte Bewegung zu veranlassen. Alternativ können auch andere Antriebsmittel verwendet werden, wie z. B. Linearmotoren.

[0043] Bei der Bauweise gemäß Fig. 1 sind die Führungen der X/Y-Hauptachsenschlitten **16** und **22** direkt am zentralen Maschinenkörper **10** befestigt, und über den Y-Schlitten **22** indirekt auch die U/V- und Z-Antriebe **26**, **28** und **40**, was bei einer entsprechenden geometrischen Grundgenauigkeit des Maschinenkörpers **10** eine sehr gute Rechtwinkligkeit garantiert und eine hohe Steifigkeit des Aufbaus ermöglicht. Die bewegliche X-Konsole **16** erlaubt eine ausgesprochen gute Zugänglichkeit in den Arbeitsraum sowohl für den Bediener der Maschine als auch für etwaige Automatisierungsmittel, wie Roboter, Wechslersysteme, automatisierte Meß- und Überwachungsgeräte oder sonstige Hilfsmittel.

[0044] Das Maschinenkonzept der Schneiderosionsmaschine gemäß Fig. 1 ermöglicht vorteilhaft die Integration eines absenkbaren Arbeitsbehälters zur Aufnahme einer Arbeitsflüssigkeit, in welcher die funkenerosive Bearbeitung des Werkstückes stattfindet. Der Raum unterhalb der beweglichen X-Konsole **16** ist weitgehend frei, so daß dorthin ein etwaiger Arbeitsbehälter bei Be- und Entladevorgänge abgesenkt werden kann, um den Zugang in den Arbeitsraum der Maschine von mindestens drei Seiten freizugeben. Ein absenkbare Arbeitsbehälter ist in Fig. 1 mit **42** gekennzeichnet und in seiner Arbeitsposition während der Werkstücksbearbeitung gezeigt (Fig. 2 zeigt den Arbeitsbehälter **42** in abgesenkter Position). Der Arbeitsbehälter **42** setzt sich aus einem zur Seite des Maschinenkörpers **10** hin offenen, vertikal verschiebbaren Behälterteil **43**, bestehend aus einer Vorderwand, den beiden Seitenwänden und einem zum Maschinenkörper **10** hin abfallenden Boden, und einer feststehenden Rückwand **44** zusammen, welche unmittelbar an der X-Platte **18** anliegt. und daran befestigt ist. Die X-Platte **18** kann mit einer solchen Ebenheit gefertigt werden, daß sich die Rückwand **44** des Arbeitsbehälters **42** ohne Probleme bei der Abdichtung daran abstützen kann. An beiden Seitenwänden des Arbeitsbehälters **42** sind vertikale an der X-Platte **18** verankerte Führungsschienen vorgesehen, an wel chen der bewegliche Teil **43** des Arbeitsbehälters **42** mittels eines geeigneten Hebemechanismus vertikal verschiebbar ist. Zur Abdichtung des Kontaktbereiches zwischen der ruhenden Behälterrückwand **44** und dem beweglichen Behälterteil **43** dient z. B. eine durch Luft aufblasbare Gummidichtung, welche an den der Behälterrückwand **44** zugewandten Kontaktflächen der Seiten- und Bodenwände beweglichen Behälterteils **43** zum Dichtungskontakt mit der Rückwand **44** befestigt ist. Wenn der bewegliche Behälterteil **43** in die Arbeitsposition gemäß Fig. 1 hochgefahren wird und diese erreicht, wird die Gummidichtung mit Druckluft beaufschlagt, wodurch eine unter Druck stehende sichere Auflage auf der Behälterrückwand **44** und damit die Dichtigkeit des Arbeitsbehälters **42** hergestellt ist. Die Hebe- und Senkvorgänge des Arbeitsbehälters **42** und die damit einhergehende Betätigung der Gummidichtung werden von der CNC-Steuerung in Abhängigkeit des Bearbeitungsablaufes automatisch gesteuert. Selbstverständlich kann in einer vereinfachten Ausführungsform auch ein einfaches Dichtungsprofil, ohne Druckluftbeaufschlagung eingesetzt werden (sog. Passiv-Dichtung).

[0045] Fig. 2 zeigt den gleichen Aufbau einer Schneiderosionsmaschine wie Fig. 1, allerdings mit zusätzlichen Maschinenkomponenten. Es ist der vollständige Verlauf der Drahtelektrode **32** dargestellt, welche von einer Drahtspule **50** an der Rückseite des Maschinenkörpers **10** in bekannter Weise unter Zugspannung abgewickelt und über mehrere Umlenkrollen **51**, **52** und **53** und entlang des V-Auslegers **38** zu der Pinole **40** geführt wird. Dort wird die Drahtelektrode **32** erneut durch eine Rolle **54** umgelenkt und läuft zu dem oberen Drahtführungskopf **28**, wo sich eine nicht dargestellte Stromzufuhreinheit zur Beaufschlagung mit dem Bearbeitungsstrom befindet. Die Drahtelektrode **32** läuft weiter vom oberen Drahtführungskopf **28** durch den Arbeitsraum, in dem ein

Werkstück **60** zur Bearbeitung aufgespannt ist, hindurch zum unteren Drahtführungskopf **27** und wird dort unter erneuter Umlenkung zu einer Drahtziehvorrichtung **55** geführt, welche die Drahtspannung aufrechterhält. Die Drahtführungsköpfe **27** und **28** halten die Drahtelektrode **32** in einer definierten Lage gegenüber dem Werkstück **60**. Die X-Konsole **16** erzeugt eine Vorschubbewegung des Werkstücks **60** in X-Hauptachsenrichtung; zusammen mit der durch den Y-Schlitten **22** bewirkten Bewegung vom oberen und unteren Drahtführungskopf **28**, **27** und damit der Drahtelektrode **32** in Y-Hauptachsenrichtung und ggf. der U/V-Achsbewegungen ergibt sich die der gewünschten Schnittkontur entsprechende Relativbewegung zwischen dem Werkstück **60** und der Drahtelektrode **32**.

[0046] Zur thermischen Stabilisierung des Werkstückes **60** findet die funkenerosive Bearbeitung meist in einem Bad einer Arbeitsflüssigkeit statt, welche beim Schneiderodieren in der Regel aus aufbereitetem Wasser besteht. Der Arbeitsbehälter **42** zur Aufnahme des dielektrischen Wassers ist in Fig. 2 in seiner abgesenkten Position dargestellt. Kurz vor Beginn der Bearbeitung wird der Arbeitsbehälter **42** in die Arbeitsposition hochgefahren, wie es in Fig. 1 dargestellt ist und mit Wasser bis einem Pegel aufgefüllt, bei welchem das Werkstück **60** mindestens vollständig im Wasser eingetaucht ist. Ist die Bearbeitung am Werkstück **60** beendet, wird der Arbeitsbehälter **42** wieder abgesenkt und gibt damit den Arbeitsraum zum Be- und Entladen von Werkstücken frei (siehe Fig. 2). Dabei ist der bewegliche Behälterteil **43** mit seiner Oberkante auf eine Höhe knapp unterhalb der Unterkante des Werkstückes **60** abgesenkt. Die Behälterrückwand **44** (und die stützende X-Platte **18**) erstrecken sich so weit nach unten, daß auch in dieser Position der bewegliche Behälterteil **43** vollständig auf der Behälterrückwand **44** aufliegt und damit der Arbeitsbehälter **42** auch in der abgesenkten Position dicht abgeschlossen ist. Im Gegensatz zu bekannten Bauweisen entfällt hier somit das übliche Entleeren der Arbeitsflüssigkeit immer dann, wenn der Bediener oder eine automatische Vorrichtung einen Zugang zum Werkstück benötigt. Bei Bedarf und je nach Anwendung wird der bewegliche Behälterteil **43** samt Arbeitsflüssigkeit in die abgesenkte Position nach unten verschoben und zum erneuten Bearbeitungsbeginn wieder vertikal samt Arbeitsflüssigkeit nach oben verfahren, währenddessen die Dichtigkeit des Arbeitsbehälters **42** aufrechterhalten wird. Bei dieser Behälteranordnung besteht ferner die Möglichkeit auf eine separate aufwendige Niveauregulierung zu verzichten. Wie in Fig. 1 eingezeichnet, kann die Niveauregulierung durch mehrere Überlaufschlitze **45** erfolgen, welche in den Seitenwänden des vertikal beweglichen Behälterteils **43** in einer horizontalen Ausrichtung eingebracht sind.

[0047] Das Aggregat für die Arbeitsflüssigkeit ist in Fig. 2 zumindest teilweise direkt unterhalb des Arbeitsbehälters **42** angeordnet. Hierfür steht die gesamte Schneiderosionsmaschine gemäß Fig. 2 in einer Wanne **64**, dessen Grundriß im wesentlichen dem Grundriß der gesamten Maschine entspricht. Als eine Art Verlängerung der Säulen **12** stützt sich die Wanne **64** auf drei oder entsprechend mehr Auflagestellen **66** gegenüber dem Boden ab. In der Wanne **64** befindet sich unterhalb bzw. in unmittelbarer Nähe der Senkzone des Arbeitsbehälters **42** ein nicht näher dargestelltes Aggregat zur Reinigung und Aufbereitung der Arbeitsflüssigkeit bestehend aus Filtervorrichtung einer Ionenaustauschvorrichtung, Füll- und Spülpumpen mit zugehörigen Zu- und Abläufen in den Arbeitsbehälter **42** und ggf. einer Kühlvorrichtung zum Abkühlen des dielektrischen Wassers. Unterhalb der X-Konsole **16** ist außerdem Platz für die Aufnahme eines Behälters zum Auffangen etwaiger Lekageflüssigkeit oder Überlaufflüssigkeit aus de, Arbeitsbehälter **42** und zu deren Rückführung in das Aggregat zur Aufbereitung der Arbeitsflüssigkeit.

[0048] Wird bei der funkenerosiven Bearbeitung eine Arbeitsflüssigkeit verwendet, ist es beim vorliegenden Maschinenkonzept notwendig, den unteren Drahtführungsarm **26** durch eine Wand des Arbeitsbehälters **42** durchzuführen und diesen Durchführungsbereich gegen ein Austreten der Arbeitsflüssigkeit sorgfältig abzudichten. Darüber hinaus muß aber gewährleistet sein, daß zwischen unterem Drahtführungsarm und Werkstück eine ungehinderte zweidimensionale Bewegung in der X/Y-Ebene möglich bleibt. Fig. 3 zeigt einen Ausschnitt dieses kritischen Bereiches der Schneiderosionsmaschine gemäß den Fig. 1 und Fig. 2. Der an der Vorderseite des Maschinenkörpers **10** austretende Drahtführungsraum **26** ragt durch die X-Platte **18** der beweglichen X-Konsole **16** und die darauf befestigte Rückwand **44** des Arbeitsbehälters **42** in den Arbeitsraum der Maschine hinein. Die X-Platte **18** und die darauf liegende Behälterrückwand **44** weisen eine in X-Richtung orientierte langlochartige Öffnung auf, die so dimensioniert ist, daß der Drahtführungsarm **26** bei jeder X/Y-Verschiebungsbewegung berührungslos in den Arbeitsraum hineinragt. An der Außenseite des Maschinenkörpers **10** ist ein Dichtblech **71** angeordnet, welches sich etwa über die Breite der X-Konsole **16** in X-Richtung erstreckt und ein rundes Rohrstück **72** für die verschiebliche Durchführung des Drahtführungsarmes **26** aufweist. Das Dichtblech **71** dient als Auflagefläche einer weiter unten noch zu beschreibenden Gleitdichtung. Zwischen dem Dichtblech **71** und dem Drahtführungsarm **26** ist ein erstes Dichtungsmittel in Form einer zylindrischen Faltenbalgdichtung **73** vorgesehen, welche mit einem Ende am Umfang des Rohrstückes **73** und mit dem anderen Ende am äußeren Umfang des Drahtführungsarmes **26** befestigt ist. Derartige Faltenbalgdichtungen halten die Dichtigkeit auch bei relativ großer Verschiebung des Drahtführungsarmes **26** in Y-Richtung. Jedoch kann

jede andere dehnbare elastische Dichtung oder Kombinationen von Dichtungen verwendet werden, welche in Reaktion auf die Bewegung des Armes **26** ausreichend dehnbar sind. Die Faltenbalgdichtung **73** verhindert in erster Linie, daß Arbeitsflüssigkeit aus dem Arbeitsbehälter **42** durch die Öffnung **70** und das Dichtblech **71** in den Maschinenkörper **10** ausläuft. Ein zweites Dichtungsmittel **75** ist zwischen dem Dichtblech **71** und der Arbeitsbehälterrückwand **44** vorgesehen, welches mit der Behälterrückwand **44** fest verbunden ist und gegenüber der Dichtblech **72** eine gleitfähige Abdichtung bei einer Bewegung der X-Konsole **16** und damit des Arbeitsbehälters **42** gegenüber dem unteren Drahtführungsarm **26** in X-Richtung gewährleistet und somit verhindert, daß Arbeitsflüssigkeit aus dem Arbeitsbehälter **42** durch die Öffnung **70** austreten kann. Mit einem solchen Dichtungsaufbau können sich der Arbeitsbehälter **42** und der Drahtführungsarm **26** relativ zueinander in X/Y-Richtung arbeitsmitteldicht und stoßfrei bewegen.

[0049] Fig. 4 zeigt eine vergrößerte Teilansicht das Dichtungsaufbaus in Fig. 3, wobei nur die Hälfte des an sich zur Achse des Führungsarmes symmetrischen Aufbaus dargestellt ist. Das Dichtungsmittel **75** ist mit einem Ende auf dem Dichtblech **71** verschieblich angeordnet und mit dem anderen Ende an der Rückwand **44** des Arbeitsbehälters **42** befestigt. Das Dichtungsmittel **75** ist mehrteilig und besteht aus einem konzentrischen Profil **76**, das – wie in Fig. 3 ersichtlich – die Öffnung **70** ausfüllt und mit. einem nach außen gefalzten Rand an der Behälterrückwand **44** starr befestigt ist. Das gegenüberliegende Ende des Profils **76** ist radial nach innen gerichtet und bildet eine dem Dichtblech **71** zugewandte Kontaktfläche. In dieser Kontaktfläche ist ein Dichtelement **77** mit niedrigem Gleitwiderstand eingelassen, z. B. ein mit Graphit geladenes PTFE-Profil, das unter Anpressung an das Dichtblech **71** für eine gleitfähige Abdichtung sorgt. In einem Hohlraum hinter dem Dichtelement **77** ist im Profil **76** ein elastisches Gummielement **78** angeordnet, das über eine Leitung **79** im Profil **76** mit Druckluft beaufschlagbar ist. Wird Druckluft in Richtung des Pfeils P in das konzentrische Profil **76** zugeführt, so wird die Gummidichtung **78** komprimiert und übt eine Kraft auf das Gleitelement **77** aus, welches seinerseits an die Oberfläche des Dichtbleches **71** gepreßt wird. Bei einer Verschiebung der X-Konsole **16** und damit des Arbeitsbehälters **42** gegenüber dem feststehenden Maschinenkörper **10** wird das zweite Dichtungselement **75** mitgenommen und gleitet im dichtenden Kontakt entlang der Außenseite des Dichtbleches **71**.

[0050] In Fig. 5 ist eine Senkerosionsmaschine dargestellt, welche ebenfalls nach dem erfindungsgemäßen Maschinenkonzept aufgebaut ist. Einander entsprechende Bauteile sind auch hier mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet. Die Senkerosionsmaschine umfaßt danach ebenfalls einen selbsttragenden zentralen Maschinenkörper **10**, der auf Säulen **12** abgestützt ist. An der Vorderseite des Maschinenkörpers **10** ist an einer vertikalen Fläche eine X-Konsole **16** zur Bewegung eines Werkstückes **60** in X-Hauptachsenrichtung befestigt. Über einen davon unabhängigen an der Oberseite des Maschinenkörpers **10** verschiebbar gelagerten Y-Schlitten **22** ist eine Senkelektrode **80** in Y-Hauptachsenrichtung verschiebbar gelagert. Die Senkerosionsmaschine weist ebenfalls eine in Z-Richtung verschiebbare Pinole **40** auf, an deren vorderen Ende ein Elektrodenkopf **82** mit der darin untergebrachten Senkelektrode **80** zur Bearbeitung des Werkstückes **60** gehalten ist. An der X-Konsole **16** ist auch ein Arbeitsbehälter **42** für die Aufnahme einer etwaigen Arbeitsflüssigkeit in vertikaler Richtung ablenkbar angeordnet.

[0051] Hervorzuheben dabei ist, daß die Grundelemente dieser Senkerosionsmaschine, wie Maschinenkörper **10**, X-Konsole **16** (bis auf die fehlenden Durchbrüche in der X-Platte **18** und der Behälterrückwand **44** für den unteren Drahtführungsarm), ferner der Y-Schlitten **22** und die Pinole **40** denjenigen der Schneiderosionsmaschinen nach Fig. 1 entsprechen. Mit anderen Worten sind diese Module des erfindungsgemäßen Maschinenkonzepts nach Art eines Baukastens sowohl für eine Schneid- als auch für eine Senkerosionsmaschine, aber auch für andere Werkzeugmaschinen, etwa eine Fräsmaschine oder ähnliche, verwendbar, mit dem Vorteil, daß höhere Stückzahlen erreicht werden und die Fertigungskosten gesenkt werden können.

Patentansprüche

1. Funkenerosionsmaschine, mit:
– einem Maschinengestell, das einen zentralen ruhenden Maschinenkörper (**10**) aufweist;
– einer Bearbeitungselektrode (**32**; **80**) zum Bearbeiten eines Werkstückes (**60**), wobei die Bearbeitung durch eine Relativbewegung in die X/Y-Hauptachsenrichtung(en) zwischen der Bearbeitungselektrode (**32**; **80**) und dem Werkstück (**60**) erfolgt;
– einem ersten Achsschlitten (**16**) zum Bewegen des Werkstückes (**60**) in die eine Hauptachsenrichtung (X) und einem zweiten Achsschlitten (**22**) zum Bewegen der Bearbeitungselektrode (**32**; **80**) in die andere Hauptachsenrichtung (Y);
dadurch gekennzeichnet, daß
– der erste Achsschlitten (**16**) in einer im wesentlichen vertikalen Ebene unmittelbar am Maschinenkörper (**10**), in horizontaler Richtung verschiebbar, und der zweite Achsschlitten (**22**) in einer im wesentlichen horizontalen Ebene auf der Oberseite des Maschinenkörpers (**10**) angeordnet sind, und der erste Achsschlitten (**16**) einen verschiebbar gelagerten konsolenartigen Schlitten aufweist, auf welchem das Werkstück (**60**) in einer im wesentlichen horizontalen Lage montierbar ist und an welchem ein vertikal ab-

senkbarer Arbeitsbehälter (**42**) zur Aufnahme einer Arbeitsflüssigkeit angeordnet ist.

2. Funkenerosionsmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der konsolenartige Schlitten eine im wesentlichen vertikale Montageplatte (**18**) aufweist, welche über Führungsschlitten (**19**) auf einem Schienenpaar (**14**) am Maschinenkörper (**10**) geführt ist.

3. Funkenerosionsmaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß unmittelbar auf der Montageplatte (**18**) eine balkenartige Werkstücksauflage (**20**) mit einer im wesentlichen horizontalen Werkstücksauflagefläche (**21**) montiert ist.

4. Funkenerosionsmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Arbeitsbehälter (**42**) einen beweglichen zur Behälterrückseite hin offenen Behälterteil (**43**) und eine feststehende Behälterrückwand (**44**) aufweist, welche unmittelbar auf der Montageplatte (**18**) befestigt ist oder die Montageplatte (**18**) selbst die Rückwand des Arbeitsbehälters (**42**) bildet.

5. Funkenerosionsmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Behälterrückwand (**44**) und/oder die Montageplatte (**18**) so weit verlängert ist/sind, daß der bewegliche Behälterteil (**43**) auch in abgesenkter Position an der Behälterrückwand (**44**) oder an der Montageplatte (**18**) anliegt.

6. Funkenerosionsmaschine nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Abdichtung des beweglichen Teils (**43**) des Arbeitsbehälters (**42**) gegenüber der Behälterrückwand (**44**) oder der Montageplatte (**18**) entlang der der Behälterrückwand (**44**) oder Montageplatte (**18**) zugewandten Kontaktflächen des beweglichen Teils eine mit einem Fluid beaufschlagbare Dichtung oder ein Dichtungsprofil aus einem Elastomer oder eine Kombination davon angeordnet ist.

7. Funkenerosionsmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Maschine in einer Wanne (**64**) aufgestellt ist, wobei sich ein Aggregat zur Aufbereitung der Arbeitsflüssigkeit im Bereich unterhalb des absenkbaren Arbeitsbehälters (**42**) befindet.

8. Funkenerosionsmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Anpassung der Bearbeitungselektrode (**80**) oder eines Elektrodenkopfes (**28**) an die jeweilige Werkstückshöhe ein Z-Antrieb (**40**) zur Verschiebung der Bearbeitungselektrode oder des Elektrodenkopfes in vertikaler Richtung vorgesehen ist.

9. Funkenerosionsmaschine zum Schneiderodieren, nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitungselektrode eine zwischen einem oberen (**28**) und einem unteren Drahtführungskopf (**27**) geführte Drahtelektrode (**32**) ist, wobei der untere (**27**) und obere Drahtführungskopf (**28**) jeweils über einen entsprechenden Drahtführungsarm (**26**, **30**) mit dem zweiten Achsschlitten (**22**) gekoppelt sind.

10. Funkenerosionsmaschine nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß im Übertragungsweg zwischen dem oberen Drahtführungskopf (**28**) und dem zweiten Achsschlitten (**22**) zwei rechtwinklig zueinander verstellbare Achsschlitten (**36**, **38**) zum Verschieben des oberen Drahtführungskopfes (**28**) in einer horizontalen Ebene vorgesehen sind.

11. Funkenerosionsmaschine nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß der untere Drahtführungsarm (**26**) durch eine langlochartige, in Richtung der einen Hauptachse (X) orientierte, Öffnung (**70**) der Montageplatte (**18**) des konsolenartigen Schlittens und der ggf. befestigten Arbeitsbehälterrückwand (**44**) in den Arbeitsraum der Maschine ragt, wobei der untere Drahtführungsarm (**26**) durch ein erstes in Axialrichtung des Drahtführungsarmes elastisches Dichtungsmittel (**73**) und durch ein zweites quer zur Axialrichtung gleitfähiges Dichtungsmittel (**75**) gegenüber dem Arbeitsbehälter (**42**) abgedichtet ist.

12. Funkenerosionsmaschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Dichtungsmittel (**73**) eine den Drahtführungsarm (**26**) konzentrisch umgebende Faltenbalgdichtung ist.

13. Funkenerosionsmaschine nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Dichtungsmittel (**75**) zur gleitfähigen Abdichtung zwischen dem Drahtführungsarm (**26**) und dem Arbeitsbehälter (**42**) zumindest ein Gleitteil (**77**) und ein elastisches Ausgleichselement (**78**) aufweist, wobei das elastische Ausgleichselement (**78**) unter Beaufschlagung durch ein Fluid eine Kraft auf das Gleitteil (**77**) ausübt.

14. Funkenerosionsmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zentrale Maschinenkörper (**10**) auf mehreren Säulen (**12**) gegenüber dem Boden abgestützt ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

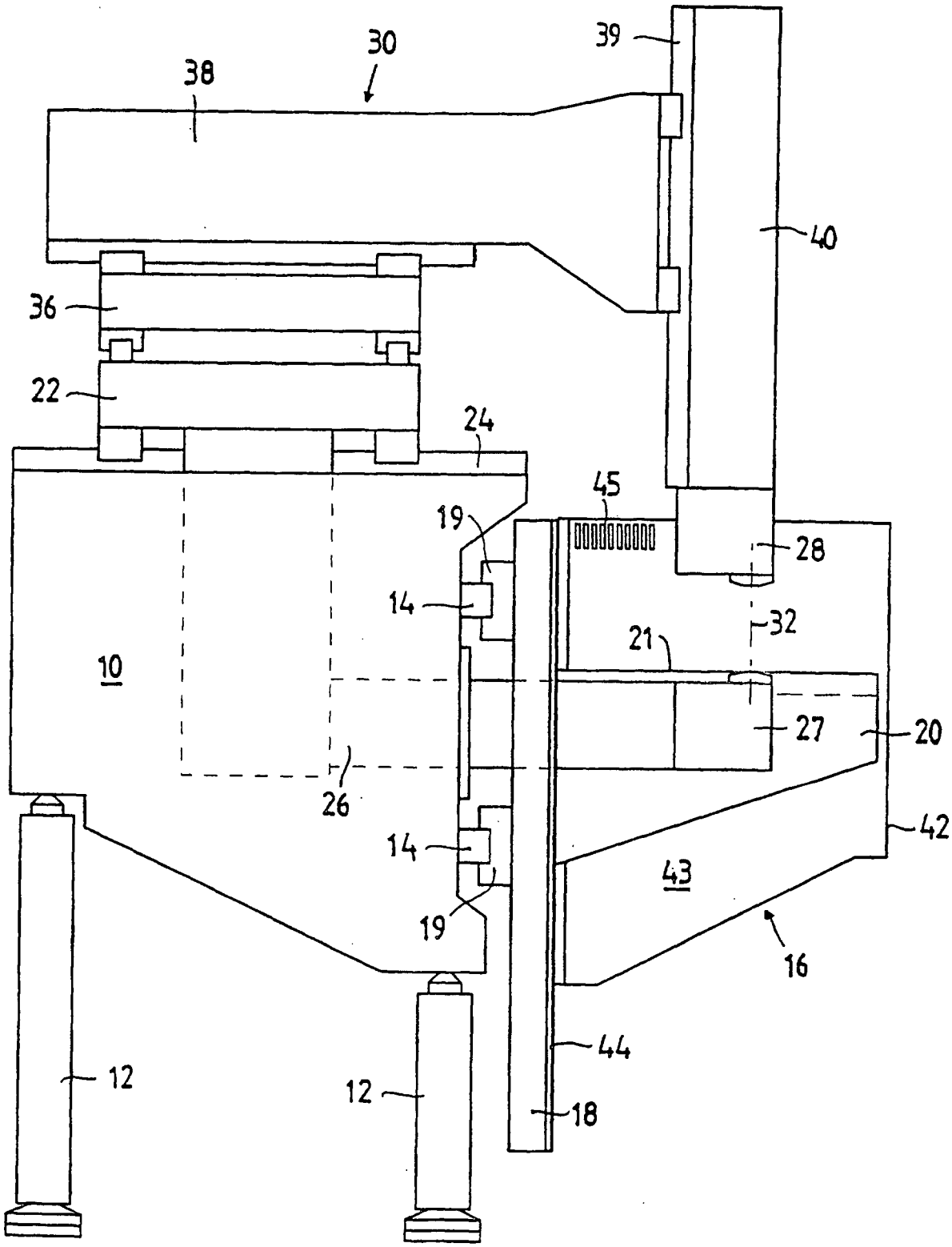


Fig.1

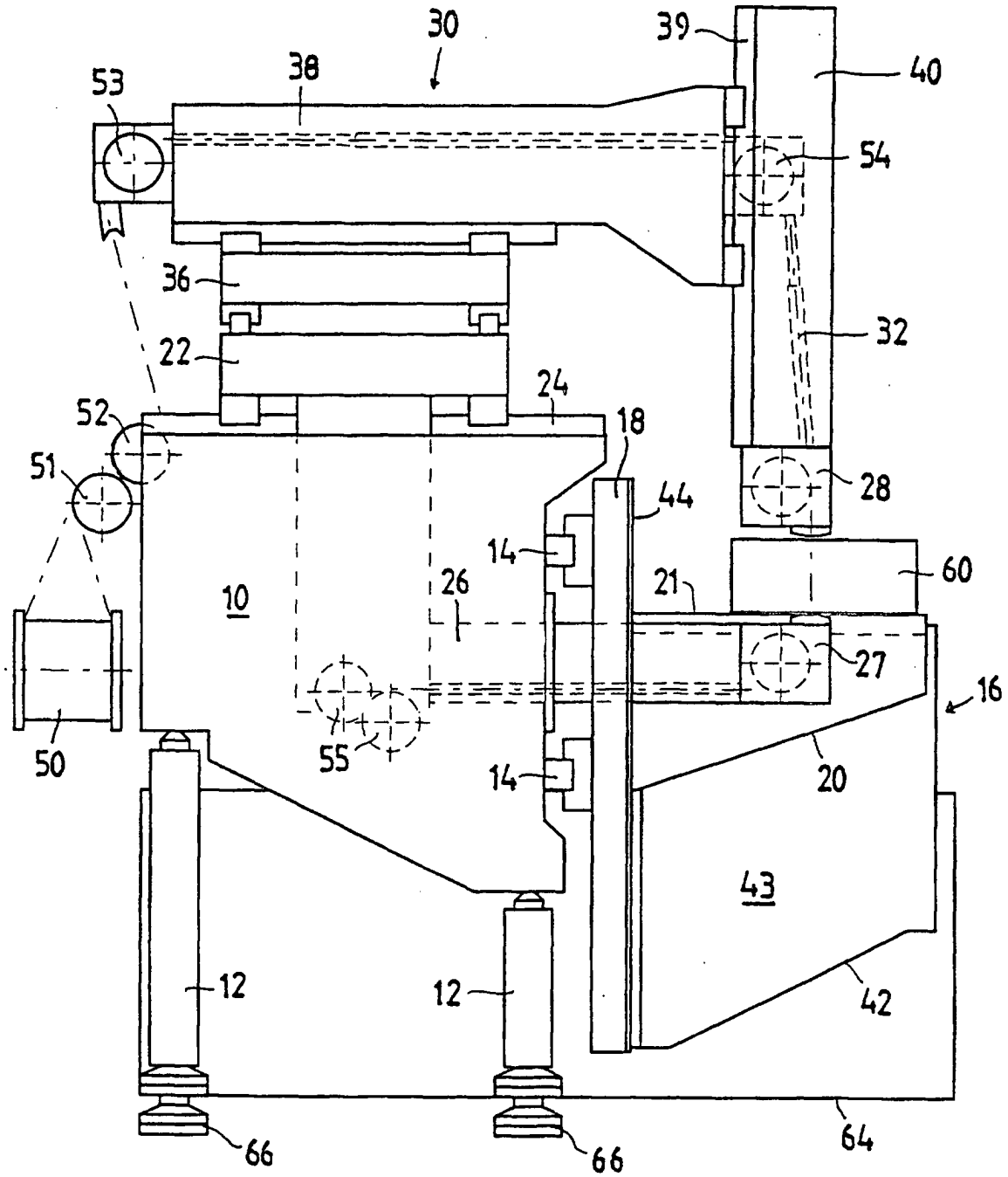

30
39
40
38
53
54
36
32
22
24
52
18
51
44
28
14
60
26
21
10
27
16
55
20
50
14
43
12
12
42
66
66
64

Fig.2

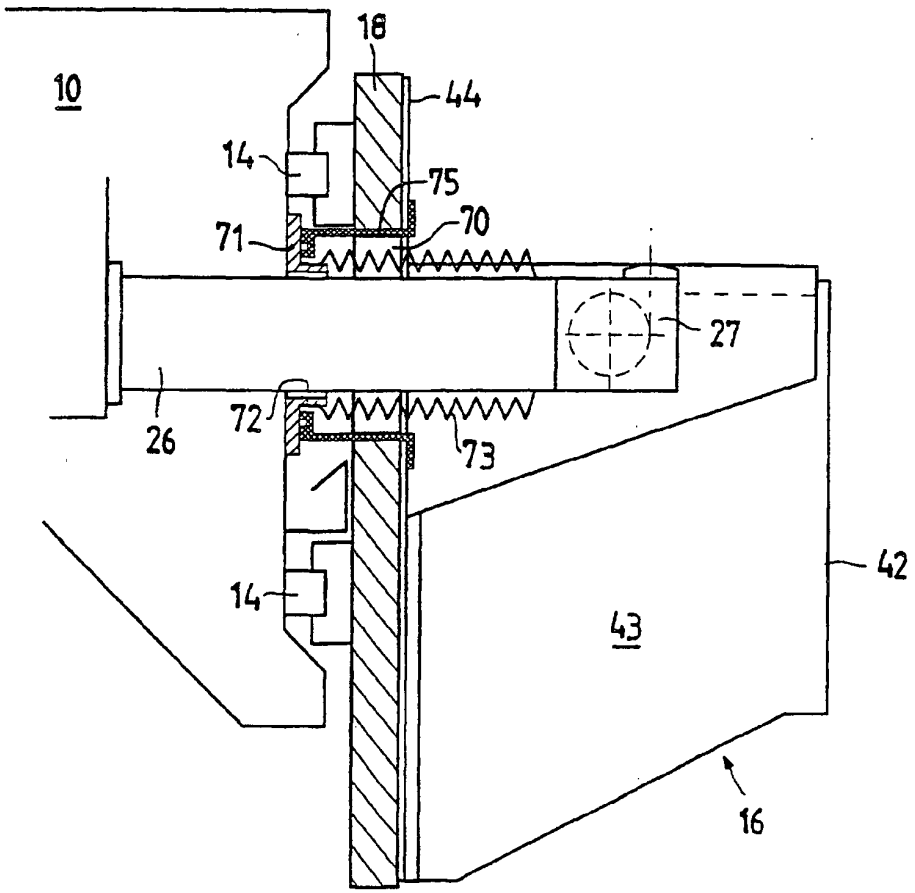

18
10
44
14
75
71
70
27
26
72
73
42
14
43
16

Fig.3

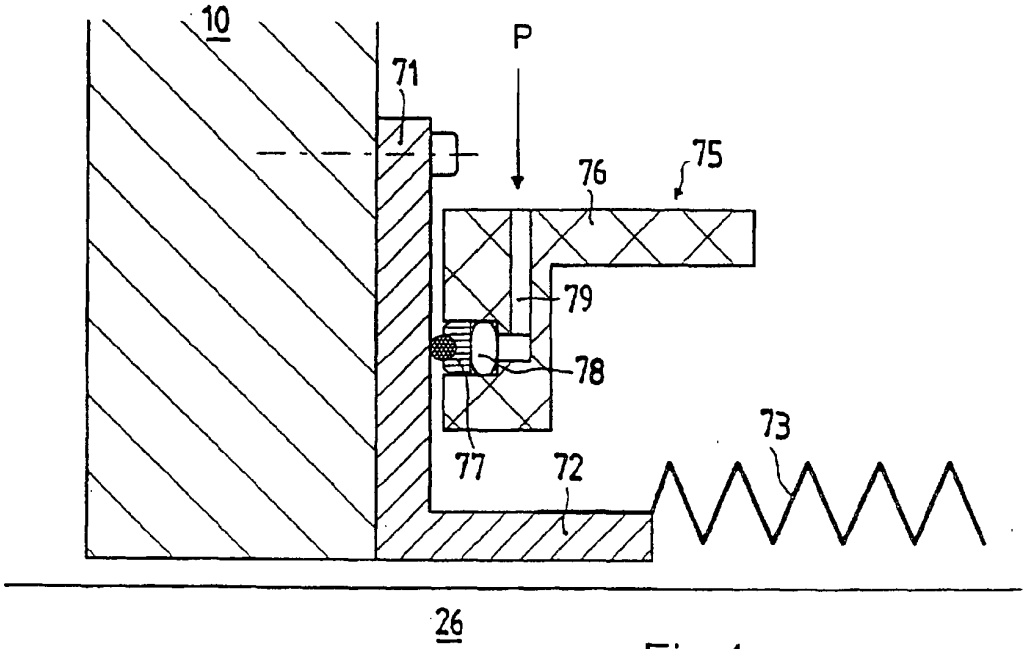

10
P
71
76
75
79
78
73
77
72
26

Fig.4

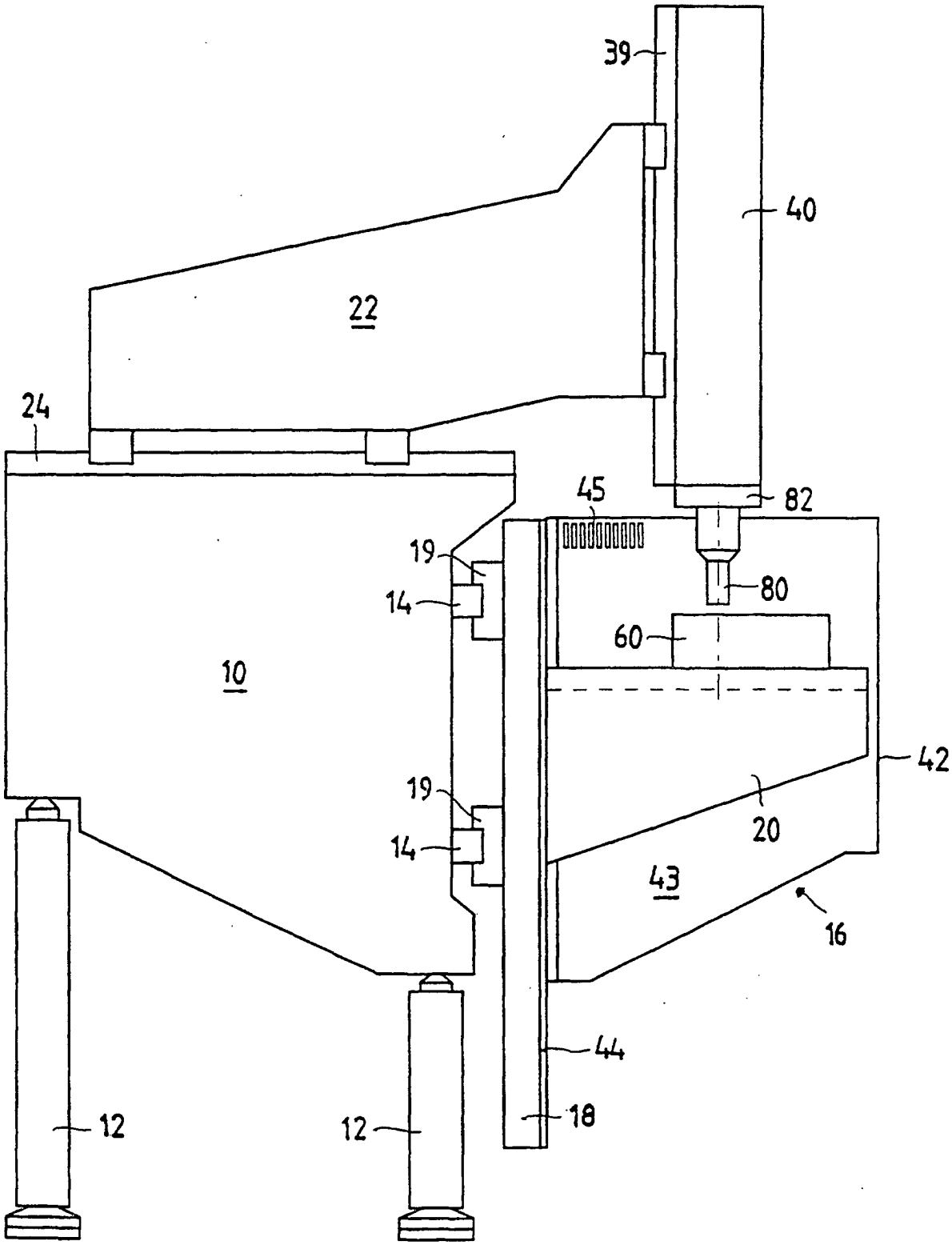


Fig.5