(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 904 674 B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
20.10.2004 Patentblatt 2004/43

(21) Anmeldenummer: **98919161.4**

(22) Anmeldetag: **26.03.1998**

(51) Int Cl.[7]: **H05H 1/30**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP1998/001793

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 1998/044765 (08.10.1998 Gazette 1998/40)

(54) **PLASMABRENNERSYSTEM**

PLASMA TORCH SYSTEM

SYSTEME DE CHALUMEAU A PLASMA

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **29.03.1997 DE 19713352**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
31.03.1999 Patentblatt 1999/13

(73) Patentinhaber: **Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.**
53175 Bonn (DE)

(72) Erfinder: **SCHNEIDER, Gottfried**
D-70567 Stuttgart (DE)

(74) Vertreter: **Beck, Jürgen, Dr. Dipl.-Phys.**
HOEGER, STELLRECHT & PARTNER
Patentanwälte
Uhlandstrasse 14c
70182 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-92/19086
DE-A- 3 043 830
DE-A- 3 544 119
US-A- 4 424 102
US-A- 4 820 900
US-A- 4 884 625

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).

EP 0 904 674 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Plasmabrennersystem, umfassend einen Hochfrequenz-Plasmabrenner mit einer Plasmabrenneinrichtung, in welcher mittels Zuführung von Hochfrequenzleistung eine Plasmaflamme erzeugbar ist, und eine Bearbeitungskammer, in welcher Werkstücke positionierbar sind, um mittels der Plasmaflamme bearbeitet zu werden.

[0002] Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Betreiben eines Plasmabrennersystems, welches ein Hochfrequenz-Plasmabrenner mit einer Plasmabrenneinrichtung zum Erzeugen einer Plasmaflamme und welches eine Bearbeitungskammer zur Bearbeitung eines Werkstücks mit Hilfe der Plasmaflamme umfaßt.

[0003] Derartige Plasmabrenner lassen sich beispielsweise für die Beschichtung von Werkstücken oder zum Aufdampfen einsetzen, wobei dann in diesem Falle ein Zusatzwerkstoff wie ein Metallpulver in die Plasmaflamme eingeführt wird und als Beschichtung oder Aufdampfschicht auf dem Werkstück niedergeschlagen wird. Die Plasmaflamme wird dabei durch Hochfrequenzheizung erzeugt, beispielsweise durch Hochfrequenz-Induktionsheizung oder durch Hochfrequenzheizung in Hohlraumresonatoren.

[0004] Die DE-A-35 44 119 offenbart eine Plasmalichtbogeneinrichtung zum Schmelzen von Metall, welche mit einer Hohlstange versehen ist, an deren unterem Ende eine Traverse mit darauf symmetrisch angeordneten Plasmatronen befestigt ist, deren Anzahl durch drei teilbar ist, wobei der obere Teil der Lichtbogenplasmatrone, an denen Leitungen für die Zuführung von plasmabildenden Gases, der Elektroenergie sowie für die Zu- und Abfuhr von Kühlwasser angeschlossen sind, durch einen an der Traverse befestigten gemeinsamen Mantel vom Schmelzraum isoliert ist. Durch die Hohlstange wird es möglich die Verstellung und Regelung der Lage der Plasmatrone im Schmelzraum einzusetzen.

[0005] Aus der WO-A-92/19086 ist ein Nochleistungs-Induktionsplasmabrenner bekannt.

[0006] Aus der US 4,820,900 ist ein Vakuum-Plasmasprühsystem mit einer Sprühkammer bekannt, in der ein Werkstück positionierbar ist. Mittels eines motorgetriebenen Manipulators läßt sich eine Plasmakanone relativ zu dem Werkstück in mindestens zwei Achsrichtungen verändern.

[0007] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Plasmabrennersystem mit den eingangs genannten Merkmalen so zu verbessern, daß es universell einsetzbar ist.

[0008] Diese Aufgabe wird bei dem erfindungsgemäßen Plasmabrennersystem mit den eingangs genannten Merkmalen dadurch gelöst, daß das Plasmabrennersystem eine Höheneinstellvorrichtung aufweist, durch die ein vertikaler Abstand zwischen der Plasmabrenneinrichtung des Hochfrequenz-Plasmabrenners und einem zu bearbeitenden Werkstück einstellbar ist, und daß Hochfrequenzleitungen von einem Anpaßglied, welches zur Einkopplung der Hochfrequenzleistung eines Hochfrequenz-Generators in die Hochfrequenzleitungen dient, starr zu der Plasmabrenneinrichtung des Hochfrequenz-Plasmabrenners geführt sind.

[0009] Auf diese Weise kann bei dem erfindungsgemäßen Plasmabrennersystem ein optimaler vertikaler Abstand zwischen dem Werkstück und der Plasmaflamme, welche in der Plasmabrenneinrichtung erzeugt wird, eingestellt werden. Dadurch kann mit dem erfindungsgemäßen Plasmabrennersystem eine Vielzahl von Werkstücken mit unterschiedlichen Werkstückgeometrien bearbeitet werden. Es läßt sich eine konturgenaue Nachführung auch bei ungünstigen oder sperrigen Werkstückgeometrien erreichen. Bei Werkstücken, die eine große Höhe aufweisen, läßt sich die Bearbeitungskammer besser ausnutzen, da durch eine optimierte Höheneinstellung eine Einengung des Gesichtsfeldes beispielsweise für eine Zusatzwerkstoffbeaufschlagung des Werkstückes durch Anpassung des vertikalen Abstandes vermeidbar ist.

[0010] Es ist besonders günstig, wenn Hochfrequenzleitungen von einem Anpaßglied, welches zur Einkopplung der Hochfrequenzleistung eines Hochfrequenzgenerators in die Hochfrequenzleitungen dient, starr zu der Plasmabrenneinrichtung des Hochfrequenzplasmabrenners geführt sind. Zur Erzeugung der Plasmaflamme muß die Plasmabrenneinrichtung mit Hochfrequenzleistung über die Hochfrequenzleitungen versorgt werden. Zur Übertragung einer hohen Hochfrequenzleistung und zur optimalen Einkopplung dieser Hochfrequenzleistung in ein Arbeitsgas zur Erzeugung der Plasmaflamme muß das Anpaßglied auf die Hochfrequenzleitungen und die Plasmabrenneinrichtung insbesondere bezüglich des Wellenwiderstandes abgestimmt sein. Durch die starre Führung der Hochfrequenzleistungen ist gewährleistet, daß bei einer Einstellung des vertikalen Abstands zwischen der Plasmabrenneinrichtung und dem zu bearbeitenden Werkstück die Abstimmung durch das Anpaßglied erhalten bleibt, so daß bei jeder Höheneinstellung bei einem einmal abgestimmten Anpaßglied die gleiche Hochfrequenzleistung in die Plasmabrenneinrichtung eingekoppelt wird und die Plasmaflamme dann stets die gleichen Charakteristika aufweist.

[0011] In einer günstigen Variante einer Ausführungsform sind die Hochfrequenzleitungen als Leitungsresonatoren ausgebildet, um auf diese Weise die Übertragung einer hohen Hochfrequenzleistung zu der Plasmabrenneinrichtung zu ermöglichen.

[0012] Besonders günstig ist es, wenn der Hochfrequenz-Plasmabrenner mit der Plasmabrenneinrichtung durch die Höheneinstellvorrichtung in einer vertikalen Richtung bezüglich des zu bearbeitenden Werkstücks verschieblich ist. Auf diese Weise ist der Hochfrequenz-Plasmabrenner relativ zum Werkstück verschieblich, welches dann insbesondere nur in einer x-y-Ebene

senkrecht zu der vertikalen Richtung in der Bearbeitungskammer verschieblich zu sein braucht. Dadurch läßt sich die x-y-Bewegung des Werkstücks von der vertikalen z-Bewegung entkoppeln, da letztere durch eine Hochfrequenz-Plasmabrenner-Verschiebung erfolgt. Auf diese Weise läßt sich eine Positioniervorrichtung zur Bewegung des Werkstücks in der Bearbeitungskammer mit geringem Aufwand und mit geringer betriebsmäßiger Störanfälligkeit einsetzen. Dies ist insbesondere von großem Vorteil, wenn die Bearbeitungskammer eine Vakuumkammer ist und die Werkstücke mit Hilfe der Plasmaflamme im Vakuum bearbeitet werden sollen. Durch die Einstellung des vertikalen Abstands mittels der Höheneinstellung des Hochfrequenz-Plasmabrenners können insbesondere bei geringem Abstand der Werkstücke vom Hochfrequenz-Plasmabrenner höhere Genauigkeiten erreicht werden als wenn eine Positioniervorrichtung ein Werkstück in allen drei Raumrichtungen (x, y, z) bewegen müßte.

[0013] Günstig ist es, wenn das Anpaßglied in einem festen Abstand zum Hochfrequenz-Plasmabrenner angeordnet ist und mit diesem verschieblich ist. Auf diese Weise ist sichergestellt, daß die Hochfrequenzleitungen zwischen dem Anpaßglied und der Plasmabrenneinrichtung keine Dehnungen oder Stauchungen erfahren, die sonst eine Neuabstimmung des Anpaßgliedes nötig machen würden.

[0014] In einer Variante einer Ausführungsform ist der Hochfrequenz-Generator fest bezüglich des Anpaßgliedes angeordnet, so daß er mit dem Hochfrequenz-Plasmabrenner verschieblich ist. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn die Einkopplung der Hochfrequenzleistung von dem Hochfrequenz-Generator in das Anpaßglied kritisch ist, da diese Einkopplung dann durch eine Verschiebung des Hochfrequenz-Plasmabrenners nicht verändert wird.

[0015] Es kann auch vorgesehen sein, daß der Hochfrequenz-Generator fest gegenüber der Bearbeitungskammer angeordnet ist. Dadurch wird die bei der Verschiebung des Plasmabrenners zu bewegende Masse verringert, da der Hochfrequenz-Generator selber nicht mitverschoben werden muß.

[0016] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist das Anpaßglied abstimmbar zur Optimierung der Hochfrequenz-Leistungszufuhr durch die Hochfrequenzleitungen zu der Plasmabrenneinrichtung. Dadurch kann die Hochfrequenzheizung optimiert werden, um eine große Leistung in ein Arbeitsgas zur Erzeugung der Plasmaflamme einzukoppeln und bei Änderungen des Systemaufbaus, beispielsweise Verkürzung oder Verlängerung der Hochfrequenzleitungen oder Austausch der Plasmabrenneinrichtung, kann auf einen neuen optimalen Leistungseinkopplungswert abgestimmt werden.

[0017] In einer konstruktiv besonders einfachen Ausführungsform ist der Hochfrequenz-Plasmabrenner an einem Gleitführungselement der Höheneinstellvorrichtung, welches in vertikaler Richtung verschieblich ist, gehalten.

[0018] Günstigerweise führen dann Versorgungsleitungen für den Plasmabrenner durch das Gleitführungselement, um auf diese Weise die Zufuhr von Versorgungsmedien zu dem Hochfrequenz-Plasmabrenner zu gewährleisten.

[0019] Die Versorgungsleitungen umfassen dabei die Hochfrequenzleitungen zur Plasmabrenneinrichtung, welche auf diese Weise starr führbar sind. Weiter umfassen die Versorgungsleitungen eine Arbeitsgaszuführung zur Plasmabrenneinrichtung, wobei das Arbeitsgas ein Brennergas ist, welches zur Plasmaerzeugung dient. Weiter umfassen die Versorgungsleitungen eine Kühlmittelzuführung zu der und eine Kühlmittelabführung von der Plasmabrennereinrichtung.

[0020] Bei einer vorteilhaften Variante der erfindungsgemäßen Vorrichtung umfassen die Versorgungsleitungen auch eine Zusatzwerkstoffzuführung zur Plasmabrennereinrichtung, wobei der Zusatzwerkstoff beispielsweise als Beschichtungsmittel eingesetzt ist. Bei einer günstigen Variante einer Ausführungsform weist die Zusatzwerkstoffzuführung eine Düse zum Einblasen von Zusatzwerkstoff in die Plasmaflamme auf. Dadurch läßt sich die Plasmaflamme optimal nutzen, um das zu bearbeitende Werkstück mit Zusatzwerkstoff zu beaufschlagen.

[0021] In einer vorteilhaften Variante einer Ausführungsform umfaßt das Gleitführungselement eine Kühlmittelzuführung und eine Kühlmittelabführung zur Beaufschlagung der Hochfrequenzleitungen im Gleitführungselement mit Kühlmittel. Auf diese Weise läßt sich durch Kühlung der Hochfrequenzleitungen die Hochfrequenzleistungszuführung zur Plasmabrenneinrichtung weiter verbessern.

[0022] Es kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, daß die Bearbeitungskammer als Vakuumkammer ausgebildet ist. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn das erfindungsgemäße Plasmabrennersystem für Beschichtungsaufgaben von Werkstücken eingesetzt wird, um Verunreinigung der Werkstückoberflächen und der Beschichtungswerkstoffe beim Niederschlagen auf den Werkstücken zu vermeiden.

[0023] Günstigerweise umfaßt das Gleitführungselement eine Dichtungseinrichtung zur gasdichten Abdichtung gegen die Bearbeitungskammer, so daß eine Entkopplung von der Gas- bzw. Vakuumatmosphäre der Bearbeitungskammer vorliegt. Die Dichtungseinrichtung ist günstigerweise durch einen Membranbalg gebildet, durch den eine äußerst elastische, radial drucksichere Abdichtung gewährleistbar ist.

[0024] Günstig ist es dann auch, wenn das Gleitführungselement eine Dichtung umfaßt, durch die ein Innenraum des Gleitführungselements gasdicht gegenüber einem Außenraum des Plasmabrennersystems abgedichtet ist. Auf diese Weise ist der Innenraum des Gleitführungselementes mit einem Medium beaufschlagbar. Bei dem Beaufschlagungsmedium handelt es sich vorteilhafterweise um ein Schutzmedium zum

Unterdrücken von Hochfrequenz-Durchschlägen. Das Beaufschlagungsmedium kann gasförmig sein, denkbar ist beispielsweise SF_6 als Schutzgas zur Unterdrükkung von Hochfrequenzdurchschlägen. Es ist auch denkbar, daß beispielsweise Silikonöl als flüssiges Beaufschlagungsmedium eingesetzt wird.

[0025] Vorteilhaft ist es, wenn das Beaufschlagungsmedium durch den Innenraum des Gleitführungselementes zur Kühlung der Hochfrequenzleitungen geführt ist. Besonders günstig ist dann eine Kombinationswirkung des Beaufschlagungsmediums als Durchschlags-Unterdrückungsmedium und als Kühlmedium.

[0026] In einer konstruktiv besonders einfachen Variante einer Ausführungsform ist das Gleitführungselement durch ein Gleitrohr gebildet.

[0027] Konstruktive Vorteile sind auch dadurch gegeben, daß das Anpaßglied kraftschlüssig bezüglich des Gleitführungselements in einem festen Abstand zum Hochfrequenz-Plasmabrenner gehalten ist.

[0028] Dies läßt sich in einer günstigen Variante einer Ausführungsform dadurch erreichen, daß an dem Gleitführungselement kraftschlüssig in einem festen Abstand zum Hochfrequenz-Plasmabrenner ein Halteelement angeordnet ist, an welchem das Anpaßglied fixiert ist.

[0029] Zur Erzielung einer genauen und einfachen Höheneinstellung ist es vorteilhaft, wenn die Höheneinstellvorrichtung einen Stellantrieb umfaßt. Günstigerweise umfaßt die Höheneinstellvorrichtung weiter eine Steuereinheit zum Steuern des vertikalen Abstands des Hochfrequenz-Plasmabrenners relativ zu dem Werkstück, um eine genaue und präzise Einstellung der vertikalen Abstände zwischen den Plasmabrenneinrichtung und dem Werkstück zu gewährleisten.

[0030] Zur Erhöhung der Arbeitssicherheit bei dem erfindungsgemäßen Plasmabrennersystem ist es vorgesehen, daß die Bearbeitungskammer geerdet ist. Aus dem Stand der Technik sind Plasmabrennersysteme bekannt, bei denen die Hochfrequenz-Plasmabrenner von einem Anpaßglied symmetrisch eingespeist werden und zur Vermeidung der Gefahr von Überschlägen innerhalb einer Vakuumkammer derartige Kammern ungeerdet betrieben werden, um Kammerwände auf einem schwimmenden Potential zu halten, und dadurch Überschläge zu vermeiden. Durch das erfindungsgemäße Plasmabrennersystem sind solche Hochfrequenzdurchschläge verringerbar oder vermeidbar.

[0031] In einer vorteilhaften Variante einer Ausführungsform ist in der Bearbeitungskammer ein Positioniervorrichtung zur Positionierung des zu bearbeitenden Werkstücks relativ zum Hochfrequenz-Plasmabrenner angeordnet. Dadurch kann das Werkstück innerhalb der Bearbeitungskammer bewegt und positioniert werden, um insbesondere eine Nachführung des Werkstückes zur Bearbeitung mittels der Plasmaflamme zu ermöglichen. Durch die Positioniervorrichtung ist das Werkstück in einer horizontalen Ebene senkrecht zur vertikalen Richtung positionierbar. Es kann auch vorgesehen sein, daß durch die Positioniervorrichtung das Werkstück in vertikaler Richtung positionierbar ist. Dies kann beispielsweise zu einer Vorpositionierung oder Grobpositionierung des vertikalen Abstandes zwischen dem Werkstück und der Plasmabrenneinrichtung benutzt werden.

[0032] In einer günstigen Variante einer Ausführungsform ist die Höheneinstellvorrichtung an einer Halteeinrichtung gehalten, welche festlegbar verschieblich bezüglich der Bearbeitungskammer gelagert ist. Dies ermöglicht eine einfache Zugänglichkeit und Austauschbarkeit des Hochfrequenz-Plasmabrenners des Plasmabrennersystems, indem beispielsweise eine Verbindung zwischen der Höheneinstellvorrichtung und dem Plasmabrenner gelöst wird und dann mittels des Rahmens die Höheneinstellvorrichtung in eine nichtbehindernde Position verschoben wird.

[0033] Der vorliegenden Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren mit den eingangs genannten Merkmalen zu schaffen, das eine universelle Einsetzbarkeit eines Plasmabrennersystems erlaubt.

[0034] Diese Aufgabe wird bei dem Verfahren mit den eingangs genannten Merkmalen erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein vertikaler Abstand zwischen dem Hochfrequenz-Plasmabrenner und dem Werkstück durch Verschiebung des Hochfrequenz-Plasmabrenners relativ zum Werkstück eingestellt wird, wobei ein Anpaßglied, durch welches Hochfrequenzleistung in Hochfrequenzleitungen eingekoppelt wird, welche zu der Plasmaeinrichtung führen, in einem festen Abstand zum Plasmabrenner angeordnet ist, so daß die Hochfrequenzleitungen starr führbar sind.

[0035] Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens wurden bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung diskutiert.

[0036] In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 Eine vordere Schnittansicht eines erfindungsgemäßen Plasmabrennersystems;

Fig. 2 eine seitliche Schnittansicht eines erfindungsgemäßen Plasmabrennersystems und

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Plasmabrenneinrichtung.

[0037] Ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Plasmabrennersystems, welches in Fig. 1 als Ganzes mit 10 bezeichnet ist, umfaßt eine Bearbeitungskammer 12, in der ein Werkstück 14 oder eine Gruppe von Werkstücken positionierbar ist.

[0038] Dazu ist eine Positioniervorrichtung 16, auf der das Werkstück 14 fixierbar ist, fest mit einem Boden 18 der Bearbeitungskammer 12 verbunden. Die Positioniervorrichtung 16 erlaubt eine Verschiebung des Werkstücks 14 in einer Ebene x-y, welche senkrecht zu einer vertikalen Achse 20 (z-Achse) des Plasmabrennersystems 10 ist.

[0039] In einer Variante einer Ausführungsform ist es vorgesehen, daß die Positioniervorrichtung 16 auch eine Positionierung in einer vertikalen Richtung 22 (z-Richtung) parallel zur vertikalen Achse 20 aufweist.

[0040] Die Bearbeitungskammer 12 weist einen Mantel 24 auf, welcher im Querschnitt (Fig. 2) halbkreisförmig ausgebildet ist. Der Mantel 24 ist aus einem metallischen Werkstoff gefertigt und geerdet. Er ist insbesondere drucksicher und gasdicht und weist Anschlüsse 26 auf, die mit einer Vakuumpumpe (in der Fig. nicht gezeigt) verbunden sind. Dadurch läßt sich in einem Bearbeitungsraum 28 der Bearbeitungskammer 12 ein Vakuum erzeugen, um das Werkstück 14 in einem Vakuum bearbeiten zu können.

[0041] Mit der Bearbeitungskammer 12 kraftschlüssig verbunden ist eine Rahmenstruktur 30, die eine Höheneinstellvorrichtung 32 hält, wobei die Höheneinstellvorrichtung 32 einen Hochfrequenz-Plasmabrenner 34 hält, in welchem eine Plasmaflamme zur Bearbeitung des Werkstückes 14 erzeugbar ist.

[0042] Die Rahmenstruktur 30 umfaßt bogenförmige Rahmenträgerelemente 36, welche jeweils an äußeren im Querschnitt halbkreisförmigen Enden der Bearbeitungskammer 12 angeordnet sind. Auf den bogenförmigen Rahmenträgerelementen sind Rahmenstützelemente 38 abgestützt; diese sind bevorzugterweise symmetrisch zur vertikalen Achse 20 angeordnet, um eine gleichmäßige Kraftverteilung des Gewichts der Höheneinstellvorrichtung 32 auf die Rahmenstruktur 30 zu gewährleisten. Durch die Rahmenstützelemente werden in horizontaler Richtung senkrecht zur vertikalen Achse 20 Rahmenträger 40 gehalten, die beispielsweise ein H-Profil aufweisen.

[0043] Durch die Rahmenträger 40 ist eine Haltebasis 42 gebildet, auf der eine Halteeinrichtung 44 der Höheneinstellvorrichtung 32 gehalten ist. Die Halteeinrichtung 44 umfaßt parallel zur vertikalen Achse 20 angeordnete Halteelemente 46, welche insbesondere symmetrisch zur vertikalen Achse 20 angeordnet sind, und die an ihrem oberen Ende mittels einer Oberplatte 48 verbunden sind.

[0044] Die aus den Halteelementen 46 und der Oberplatte 48 gebildete Halteeinrichtung 44 ist auf Lagern 50 gelagert, so daß sie senkrecht zur vertikalen Achse 20 und senkrecht zur Richtung der Rahmenträger 40 verschieblich ist. Die Halteeinrichtung 44 weist Festlegungsmittel (in der Fig. nicht gezeigt) auf, durch die auf wieder lösbare Weise die Halteeinrichtung 44 an den Rahmenträgern 40 kraftschlüssig fixierbar ist.

[0045] Die Oberplatte 48 weist in ihrem Zentrum koaxial zur vertikalen Achse 20 eine Öffnung 52, in der eine Führung 54 angeordnet ist. Durch diese Öffnung 52 läuft in z-Richtung 22 verschieblich geführt eine Spindel 56 koaxial zur vertikalen Achse 20. Die Spindel 56 ist durch einen Stellantrieb 58, welcher von der Oberplatte 48 gehalten ist, in z-Richtung 22 einstellbar verschieblich. Dazu umfaßt der Stellantrieb eine Welle 60 und eine Umsetzungseinheit 62, durch die eine Rotation der Welle 60 in eine z-Bewegung der Spindel 56 umgewandelt wird. Der Stellantrieb 58 und damit die Bewegung der Spindel 56 wird durch eine Steuereinheit 59 gesteuert.

[0046] Bei dem Stellantrieb 58 kann es sich beispielsweise um einen elektrischen Antrieb oder einen hydraulischen Antrieb handeln.

[0047] An ihrem unteren, der Bearbeitungskammer 12 zugewandten Ende ist die Spindel 56 mit einer ersten Montageplatte 64 kraftschlüssig verbunden. Die erste Montageplatte 64 ist mit einer zweiten Montageplatte 66 (Fig. 2), welche der Bearbeitungskammer 12 zugewandt angeordnet ist, kraftschlüssig verbunden. Dazu sind zwischen erster Montageplatte 64 und zweiter Montageplatte 66 parallel zur vertikalen Achse 20 angeordnete Träger 68 bevorzugterweise in der Nähe eines äußeren Randes jeweils der ersten Montageplatte 64 und der zweiten Montageplatte 66 mit diesen über lösbare Verbindungen 70, insbesondere über Schraubverbindungen, verbunden.

[0048] An der zweiten, unteren Montageplatte 66 ist ein Gleitführungselement 72 kraftschlüssig gehalten, welches sich koaxial zur vertikalen Achse 20 in Richtung der Bearbeitungskammer 12 erstreckt. Das Gleitführungselement 72 ist insbesondere als Gleitrohr ausgebildet.

[0049] An den Halteelementen 46 der Halteeinrichtung 44 sitzen Führungen 74 zur vertikalen Führung des Gleitführungselementes 72, um dessen Verschieblichkeit in z-Richtung zu gewährleisten.

[0050] An einem unteren Ende des Gleitführungselements 72 ist der Hochfrequenz-Plasmabrenner 34 gehalten, welcher aufgrund der Verschieblichkeit der Spindel 56 durch den Stellantrieb 58 mit dem Gleitführungselement 72 in z-Richtung 22 im Bearbeitungsraum 28 der Bearbeitungskammer 12 verschieblich ist, so daß ein vertikaler Abstand A zwischen dem zu bearbeitenden Werkstück 14 und einem Austritt 76 des Hochfrequenz-Plasmabrenners 34 durch die Höheneinstellvorrichtung 32 einstellbar ist.

[0051] An dem Gleitführungselement 72 ist eine Dichtungseinrichtung 78 angeordnet, durch die das Gleitführungselement 72 gasdicht gegen den Bearbeitungsraum 28 der Bearbeitungskammer 12 abgedichtet ist. Dabei handelt es sich insbesondere um einen Membranbalg, der eine drucksichere Dichtheit bei der vertikalen Bewegung des Hochfrequenz-Plasmabrenners gewährleistet.

[0052] Der Hochfrequenz-Plasmabrenner umfaßt eine Plasmabrenneinrichtung 80 (Fig. 3), in der mittels Zuführung von Hochfrequenzleistung eine Plasmaflamme 82 erzeugbar ist.

[0053] Durch einen Innenraum 84 des Gleitführungselements 72 führt eine Zuführung 86 für Arbeitsgas (in der Fig. 1 und 2 nicht gezeigt) von einer Arbeitsgasversorgungseinheit zu einem Brennraum 88 der Plasmabrenneinrichtung 80 des Hochfrequenz-Plasmabrenners 34. Als Arbeitsgas, das als Plasmamedium in der Plas-

mabrenneinrichtung 80 dient, kann beispielsweise Wasserstoff oder Argon zum Einsatz kommen.

[0054] Von einer Zusatzwerkstoff-Versorgungseinheit (in der Fig. nicht gezeigt) führt eine Zuführung 90 für Zusatzwerkstoff durch den Innenraum 84 des Gleitführungselements 72 in den Brennraum 88 der Plasmabrenneinrichtung 80. An ihrer Mündung in den Brennraum 88 weist die Zuführung 90 für Zusatzwerkstoff eine Düse 92 auf, durch die insbesondere pulverförmiger Zusatzwerkstoff in die Plasmaflamme 82 einführbar ist. Der Zusatzwerkstoff, bei dem es sich beispielsweise um ein Metallpulver handeln kann, dient beispielsweise als Bedampfungswerkstoff für das Werkstück 14 und wird dazu zur Erhitzung in die Plasmaflamme 82 eingespritzt.

[0055] Die Plasmabrenneinrichtung umfaßt Hochfrequenz-Leistungseinkopplungsmittel 94, um Hochfrequenzleistung in das Arbeitsgas zur Erzeugung der Plasmaflamme 82 einzukoppeln. Diese Einkopplung kann insbesondere auf induktive Weise erfolgen und das Hochfrequenz-Leistungseinkopplungsmittel 94 kann dann durch eine Induktionsspule gebildet sein. Es kann aber auch vorgesehen sein, daß das Hochfrequenz-Leistungseinkopplungsmittel 94 durch einen Hohlraumresonator gebildet ist.

[0056] Bei einer Variante einer Ausführungsform ist das Hochfrequenz-Leistungseinkopplungsmittel 94 eine Staycastvergossene Spule, bei der die Spulenwindungen 96 in ein Stoffmaterial eingegossen sind. Eine solche Staycastvergossene Spule erlaubt eine hohe Leistungszufuhr in das Arbeitsgas.

[0057] Zur Kühlung des Hochfrequenz-Leistungseinkopplungsmittel 94 sind Kühlmittelzuführungen 98 und Kühlmittelabführungen 100 durch den Innenraum 84 des Gleitführungselementes 72 zum Hochfrequenz-Leistungseinkopplungsmittel 94 geführt (in der Fig. 1 und 2 nicht gezeigt).

[0058] Zur Versorgung des Hochfrequenz-Leistungseinkopplungsmittels 94 mit Hochfrequenzleistung sind Hochfrequenzleitungen 102 von einem Anpaßglied 104 zu der Plasmabrenneinrichtung 80 durch den Innenraum 84 des Gleitführungselementes 72 geführt. Das Anpaßglied ist auf einem Halteelement 106, welches kraftschlüssig mit dem Gleitführungselement 72 verbunden ist, angeordnet. Dadurch ist der Abstand zwischen dem Anpaßglied 104 und dem Hochfrequenz-Plasmabrenner 34 mit seiner Plasmabrenneinrichtung 80 für jeden vertikalen Abstand A konstant und wird durch eine Verschiebung in z-Richtung 22 des Hochfrequenz-Plasmabrenners 34 nicht verändert. Die Hochfrequenzleitungen 102 sind zwischen dem Anpaßglied 104 und der Plasmabrenneinrichtung 80 starr geführt. Bei diesen Hochfrequenzleitungen 102 kann es sich insbesondere um als Leitungsresonatoren ausgebildete Hochfrequenzleitungen handeln, welche beispielsweise durch Kupferrohre mit einem rechteckigen Querschnitt gebildet sind.

[0059] Das Anpaßglied 104 ist mit einem Hochfrequenz-Generator (in der Fig. nicht gezeigt) verbunden, welcher die Hochfrequenzleistung erzeugt. Dieser Hochfrequenz-Generator ist in einer Variante einer Ausführungsform fest gegenüber der Bearbeitungskammer 12 angeordnet, so daß er bei einer Höhenverstellung des Hochfrequenz-Plasmabrenners 34 nicht verschoben wird. Einspeisungsleitungen (in der Fig. nicht gezeigt) zwischen dem Hochfrequenz-Generator und dem Anpaßglied 104 müssen dann flexibel ausgebildet sein.

[0060] In einer anderen Variante einer Ausführungsform ist der Hochfrequenz-Generator auf dem Halteelement 106 fest gegenüber dem Anpaßglied 104 gehalten.

[0061] Das Anpaßglied 104 dient zur Optimierung der Hochfrequenzleistungszufuhr zur Plasmabrenneinrichtung 80. Es ermöglicht insbesondere eine Abstimmung auf den Wellenwiderstand der Hochfrequenzleitungen 102 und der Plasmabrenneinrichtung 80. Da die Hochfrequenzleitungen 102 starr bezüglich des Anpaßgliedes 104 und der Plasmabrenneinrichtung 80 sind, wird eine einmal eingestellte Abstimmung durch eine vertikale Verschiebung in z-Richtung 22 nicht zerstört.

[0062] An einem oberen Ende, welches der Bearbeitungskammer 12 abgewandt ist, weist das Gleitführungselement 72 eine Dichtung 108 auf, durch den der Innenraum 84 des Gleitführungselementes 72 gegenüber einem Außenraum des Plasmabrennersystems 10 gasdicht ist. Durch dieses Dichtungselement 108 sind die Hochfrequenzleitungen 102 geführt. Weiter sind durch das Dichtungselement 108 die Zuführung 90 für Zusatzwerkstoff, die Kühlmittelzuführungen 98 für das Hochfrequenzleistungs-Einkopplungsmittel 94 sowie die entsprechenden Kühlmittelabführungen 100 geführt. Die Zuführung 90 sowie die Zuführungen 98 und die Abführungen 100 sind dabei so ausgebildet, daß ihre Funktionsfähigkeit durch eine Verschiebung in z-Richtung des Hochfrequenz-Plasmabrenners 34 nicht beeinträchtigt wird. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, daß sie außerhalb des Innenraums 84 des Gleitführungselementes 72 flexibel ausgebildet sind.

[0063] Bei einer Variante einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Plasmabrennersystems 10 ist es vorgesehen, daß der Innenraum 84 des Gleitführungselementes 72 mit einem Medium beaufschlagbar ist. Bei diesem Medium kann es sich insbesondere um ein Schutzmedium zum Unterdrücken von Hochfrequenzdurchschlägen bei den Hochfrequenzleitungen 102, die im Innenraum 84 verlaufen, handeln. Beispielsweise kann SF_6 oder Silikonöl eingesetzt werden.

[0064] Bei einer Variante einer Ausführungsform ist es vorgesehen, daß das Beaufschlagungsmedium durch den Innenraum 84 des Gleitführungselementes 72 geführt ist, um auf diese Weise die Hochfrequenzleitungen 102 in dem Innenraum 84 zu kühlen. Besonders vorteilhaft ist die Kombination des Beaufschlagungsmediums als Schutzmedium und als Kühlmedium.

[0065] Aufgrund der Dichtung 108 läßt sich in dem In-

nenraum 84 des Gleitführungselementes 72 ein vom Druck des Außenraums des Plasmabrennersystems 10 abweichendes Druckniveau einstellen.

[0066] Das erfindungsgemäße Plasmabrennersystem arbeitet wie folgt:

[0067] Über den Hochfrequenz-Generator wird Hochfrequenzleistung in das Anpaßglied 104 eingekoppelt. Dieses ist insbesondere über Wellenwiderstandsanpassung so abgestimmt, daß diese Hochfrequenzleistung optimal über die Leitungen 102 in das Hochfrequenzleistungs-Einkopplungsmittel 94 der Plasmabrenneinrichtung 80 des Hochfrequenz-Plasmabrenners 34 eingekoppelt wird. Das Arbeitsgas, welches über die Zuführung 90 in die Plasmabrenneinrichtung 80 eingeführt wird, nimmt in den Hochfrequenzfeldern beispielsweise mittels induktiver Hochfrequenzheizung Energie auf und es entsteht eine Plasmaflamme 82. Diese Plasmaflamme ist in z-Richtung 22 in Richtung des Werkstückes 14 gerichtet und wird zur Bearbeitung dieses Werkstückes 14 eingesetzt.

[0068] Um das Werkstück optimal zu bearbeiten, ist der Abstand A zwischen dem Werkstück und der Plasmabrenneinrichtung 80 und insbesondere dem Austritt 76 und dem Werkstück 14 entscheidend. Durch den Stellantrieb 58 ist dieser Abstand A einstellbar. Insbesondere wird dadurch der Hochfrequenz-Plasmabrenner 34 in z-Richtung 22 dem Werkstück 14 nachführbar, beispielsweise wenn dieses Höhenstrukturen in vertikaler Richtung aufweist.

[0069] Bei der Bearbeitung des Werkstückes 14 kann es sich beispielsweise um eine Aufdampfungsbearbeitung in einem Vakuum handeln. Dazu wird über die Düse 92 ein Zusatzwerkstoff in die Plasmaflamme 82 eingeführt, der als Aufdampfmittel für das Werkstück 14 dient und sich auf diesem niederschlagen soll.

[0070] Die Positioniervorrichtung 16 erlaubt eine Bewegung des Werkstückes in einer x-y-Ebene senkrecht zur z-Richtung 22; die Bewegung in z-Richtung und somit die Einstellung des vertikalen Abstandes A erfolgt über die Höheneinstellvorrichtung 32. Es kann auch vorgesehen sein, daß die Positioniervorrichtung 16 in der z-Richtung 22 eine Positionierung des Werkstückes 14 erlaubt, beispielsweise als Grobeinstellung oder Vorpositionierung.

[0071] Die Einkopplung von Hochfrequenzleistung in das Hochfrequenzleistungs-Einkopplungsmittel 94 ist insbesondere kritisch gegenüber Änderungen der Geometrie der Hochfrequenzleitungen 102, da durch Änderungen der Geometrie insbesondere eine Wellenwiderstandsanpassung durch das Anpaßglied 104 aufgehoben wird. Bei dem erfindungsgemäßen Plasmabrennersystem 10 ist das Anpaßglied 104 stets in einem festen Abstand zu der Plasmabrenneinrichtung 80 gehalten und die Leitungen 102 sind starr geführt, so daß sich insbesondere ihre geometrische Form nicht ändert. Dadurch tritt keine schädliche Belastung der Hochfrequenzleitungen 102 durch eine Einstellung des vertikalen Abstandes A zwischen Hochfrequenz-Plasmabrenner 34 und Werkstück 14 ein, so daß die Abstimmung des Anpaßgliedes 104 erhalten bleibt.

[0072] Durch eine Kopplung der x-y-Bewegung des Werkstückes auf der Positioniervorrichtung 16 und der Bewegung in z-Richtung 22 des Hochfrequenz-Plasmabrenners 34 über die Steuereinheit 59 läßt sich die Bearbeitung, beispielsweise die Beaufdampfungsbearbeitung, von Werkstücken 14 oder Gruppen von Werkstücken 14 optimieren, indem eine konturgenaue Nachführung und Anpassung in alle drei Raumrichtungen ermöglicht ist.

[0073] Die Halteeinrichtung 44 ist auf den Lagern 50 festlegbar verschieblich gelagert. Dies erleichtert die Montage und Demontage des erfindungsgemäßen Plasmabrennersystems 10. Durch Lösen der Verbindungen 70 kann die Spindel 56 von dem Gleitführungselement 72 entkoppelt werden und dann die Halteeinrichtung 44 so verschoben werden, daß sie eine weitere Montage bzw. Demontage des Hochfrequenz-Plasmabrenners 34 nicht behindert. Auf diese Weise ist beispielsweise der Hochfrequenz-Plasmabrenner 34 schnell austauschbar.

Patentansprüche

1. Plasmabrennersystem, umfassend einen Hochfrequenz-Plasmabrenner (34) mit einer Plasmabrenneinrichtung (80), in welcher mittels Zuführung von Hochfrequenzleistung eine Plasmaflamme erzeugbar ist, eine Bearbeitungskammer (12), in welcher Werkstücke positionierbar sind, um mittels der Plasmaflamme bearbeitet zu werden,
   dadurch gekennzeichnet, daß das Plasmabrennersystem (10) eine Höheneinstellvorrichtung (32) aufweist, durch die ein vertikaler Abstand (A) zwischen der Plasmabrenneinrichtung (80) des Hochfrequenz-Plasmabrenners (34) und einem zu bearbeitenden Werkstück (14) einstellbar ist, und daß Hochfrequenzleitungen (102) von einem Anpaßglied (104), welches zur Einkopplung der Hochfrequenzleistung eines Hochfrequenz-Generators in die Hochfrequenzleitungen (102) dient, starr zu der Plasmabrenneinrichtung (80) des Hochfrequenz-Plasmabrenners (34) geführt sind.

2. Plasmabrennersystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Hochfrequenzleitungen (102) als Leitungsresonatoren ausgebildet sind.

3. Plasmabrennersystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Hochfrequenz-Plasmabrenner (34) mit der Plasmabrenneinrichtung (80) durch die Höheneinstellvorrichtung (32) in einer vertikalen Richtung (22) bezüglich des zu bearbeitenden Werkstückes (14) verschieblich ist.

4. Plasmabrennersystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Anpaßglied (104) in einem festen Abstand zum Hochfrequenz-Plasmabrenner (34) angeordnet ist und mit diesem verschieblich ist.

5. Plasmabrennersystem nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Hochfrequenz-Generator fest bezüglich des Anpaßgliedes (104) angeordnet ist, so daß er mit dem Hochfrequenz-Plasmabrenner (34) verschieblich ist.

6. Plasmabrennersystem nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Hochfrequenz-Generator fest gegenüber der Bearbeitungskammer (12) angeordnet ist.

7. Plasmabrennersystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Anpaßglied (104) abstimmbar ist zur Optimierung der Hochfrequenz-Leistungszufuhr durch die Hochfrequenzleitungen (102) zu der Plasmabrenneinrichtung (80).

8. Plasmabrennersystem nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Hochfrequenz-Plasmabrenner (34) an einem Gleitführungselement (72) der Höheneinsteltvorrichtung (32), welches in vertikaler Richtung (22) verschieblich ist, gehalten ist.

9. Plasmabrennersystem nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** durch das Gleitführungselement (72) Versorgungsleitungen für den Hochfrequenz-Plasmabrenner (34) führen.

10. Plasmabrennersystem nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Versorgungsleitungen die Hochfrequenzleitungen (102) zur Plasmabrenneinrichtung (80) umfassen.

11. Plasmabrennersystem nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Versorgungsleitungen eine Arbeitsgaszuführung (86) zur Plasmabrenneinrichtung (80) umfassen.

12. Plasmabrennersystem nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Versorgungsleitungen eine Kühlmittelzuführung (98) zu der und eine Kühlmittelabführung (100) von der Plasmabrenneinrichtung (80) umfassen.

13. Plasmabrennersystem nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Versorgungsleitungen eine Zusatzwerkstoffzuführung (90) zur Plasmabrenneinrichtung (80) umfassen.

14. Plasmabrennersystem nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Zusatzwerkstoffzuführung (90) eine Düse (92) zum Einblasen von Zusatzwerkstoff in die Plasmaflamme (82) aufweist.

15. Plasmabrennersystem nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Gleitführungselement (72) eine Kühlmittelzuführung und eine Kühlmittelabführung zur Beaufschlagung der Hochfrequenzleitungen (102) im, Gleitführungselement (72) mit Kühlmittel umfaßt.

16. Plasmabrennersystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Bearbeitungskammer (12) als Vakuumkammer ausgebildet ist.

17. Plasmabrennersystem nach einem der Ansprüche 8 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Gleitführungselement (72) eine Dichtungseinrichtung (78) zur gasdichten Abdichtung gegen die Bearbeitungskammer (12) umfaßt.

18. Plasmabrennersystem nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Dichtungseinrichtung (78) durch einen Membranbalg gebildet ist.

19. Plasmabrennersystem nach einem der Ansprüche 8 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Gleitführungselement (72) eine Dichtung (108) umfaßt, durch die ein Innenraum (84) des Gleitführungselementes (72) gasdicht gegenüber einem Außenraum des Plasmabrennersystems (10) abgedichtet ist.

20. Plasmabrennersystem nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Innenraum des Gleitführungselementes (72) mit einem Beaufschlagungsmedium beaufschlagbar ist.

21. Plasmabrennersystem nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Beaufschlagungsmedium ein Schutzmedium zum Unterdrükken von Hochfrequenz-Durchschlägen ist.

22. Plasmabrennersystem nach Anspruch 20 oder 21, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Beaufschlagungsmedium durch den Innenraum (84) des Gleitführungselementes (72) zur Kühlung der Hochfrequenzleitungen (102) geführt ist.

23. Plasmabrennersystem nach einem der Ansprüche 8 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Gleitführungselement (72) durch ein Gleitrohr gebildet ist.

24. Plasmabrennersystem nach einem der Ansprüche 8 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Anpaßglied (104) kraftschlüssig bezüglich des Gleit-

führungselementes (72) in einem festen Abstand zum Hochfrequenz-Plasmabrenner (34) gehalten ist.

25. Plasmabrennersystem nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, daß** an dem Gleitführungselement (72) kraftschlüssig in einem festen Abstand zu dem Hochfrequenz-Plasmabrenner (34) ein Halteelement (106) angeordnet ist, an welchem das Anpaßglied (104) fixiert ist.

26. Plasmabrennersystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Höheneinstellvorrichtung (32) einen Stellantrieb (58) umfaßt.

27. Plasmabrennersystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Höheneinstellvorrichtung (32) eine Steuereinheit (59) zum Steuern des vertikalen Abstands (A) des Hochfrequenz-Plasmabrenners (34) relativ zum Werkstück (14) aufweist.

28. Plasmabrennersystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Plasmabrenneinrichtung (80) ein Hochfrequenz-Leistungseinkopplungsmittel (94) umfaßt, mittels welchem induktiv die Plasmaflamme (82) erzeugbar ist.

29. Plasmabrennersystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Bearbeitungskammer (12) geerdet ist.

30. Plasmabrennersystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** in der Bearbeitungskammer (12) eine Positioniervorrichtung (16) zur Positionierung des zu bearbeitenden Werkstückes (14) relativ zum Hochfrequenz-Plasmabrenner (34) angeordnet ist.

31. Plasmabrennersystem nach Anspruch 30, **dadurch gekennzeichnet, daß** durch die Positioniervorrichtung (16) das Werkstück (14) in einer horizontalen Ebene senkrecht zur vertikalen Richtung (22) positionierbar ist.

32. Plasmabrennersystem nach Anspruch 30 oder 31, **dadurch gekennzeichnet, daß** durch die Positioniervorrichtung (16) das Werkstück (14) in vertikaler Richtung (22) positionierbar ist.

33. Plasmabrennersystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Höheneinstellvorrichtung (32) an einer Halteeinrichtung (44) gehalten ist, welche festlegbar verschieblich bezüglich der Bearbeitungskammer (12) gelagert ist.

34. Verfahren zum Betreiben eines Plasmabrennersystems, welches einen Hochfrequenz-Plasmabrenner mit einer Plasmabrenneinrichtung zum Erzeugen einer Plasmaflamme und welches eine Bearbeitungskammer zur Bearbeitung eines Werkstükkes mit Hilfe der Plasmaflamme umfaßt, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein vertikaler Abstand zwischen dem Hochfrequenz-Plasmabrenner und dem Werkstück durch Verschiebung des Hochfrequenz-Plasmabrenners relativ zum Werkstück eingestellt wird, wobei ein Anpaßglied, durch welches Hochfrequenzleistung in Hochfrequenzleitungen eingekoppelt wird, welche zu der Plasmabrenneinrichtung führen, in einem festen Abstand zum Plasmabrenner angeordnet ist, so daß die Hochfrequenzleitungen starr führbar sind.

Claims

1. Plasma torch system comprising a high-frequency plasma torch (34) with a plasma torch device (80) for generating therein a plasma flame by supplying high-frequency power, and a processing chamber (12) for positioning therein workpieces which are to be processed by means of the plasma flame, **characterized in that** the plasma torch system (10) comprises a height adjustment device (32) for adjustment of a vertical distance (A) between the plasma torch device (80) of the high-frequency plasma torch (34) and a workpiece (14) which is to be processed, and **in that** high-frequency lines (102) are led rigidly from an adapter (104) serving to couple the high-frequency power of a high-frequency generator into the high-frequency lines (102) to the plasma torch device (80) of the high-frequency plasma torch (34).

2. Plasma torch system as defined in claim 1, **characterized in that** the high-frequency lines (102) are in the form of line resonators.

3. Plasma torch system as defined in any one of the preceding claims, **characterized in that** the high-frequency plasma torch (34) is displaceable with the plasma torch device (80) by the height adjustment device (32) in a vertical direction (22) in relation to the workpiece (14) which is to be processed.

4. Plasma torch system as defined in claim 3, **characterized in that** the adapter (104) is arranged at a fixed distance from the high-frequency plasma torch (34) and is displaceable therewith.

5. Plasma torch system as defined in claim 4, **characterized in that** the high-frequency generator is fixedly mounted in relation to the adapter (104) so as to be displaceable with the high-frequency plasma

torch (34).

6. Plasma torch system as defined in claim 4, **characterized in that** the high-frequency generator is fixedly mounted in relation to the processing chamber (12).

7. Plasma torch system as defined in any one of the preceding claims, **characterized in that** the adapter (104) is tuneable for optimization of the supply of high-frequency power through the high-frequency lines (102) to the plasma torch device (80).

8. Plasma torch system as defined in any one of claims 3 to 7, **characterized in that** the high-frequency plasma torch (34) is held on a sliding guide element (72) of the height adjustment device (32), the sliding guide element (72) being displaceable in the vertical direction (22).

9. Plasma torch system as defined in claim 8, **characterized in that** feed lines for the high-frequency plasma torch (34) lead through the sliding guide element (72).

10. Plasma torch system as defined in claim 9, **characterized in that** the feed lines comprise the high-frequency lines (102) to the plasma torch device (80).

11. Plasma torch system as defined in claim 9 or 10, **characterized in that** the feed lines comprise a working gas feed line (86) to the plasma torch device (80).

12. Plasma torch system as defined in any one of claims 9 to 11, **characterized in that** the feed lines comprise a coolant feed line (98) to the plasma torch device (80) and a coolant exhaust line (100) from the plasma torch device (80).

13. Plasma torch system as defined in any one of claims 9 to 12, **characterized in that** the feed lines comprise an additive feed line (90) to the plasma torch device (80).

14. Plasma torch system as defined in claim 13, **characterized in that** the additive feed line (90) comprises a nozzle (92) for blowing additive into the plasma flame (82).

15. Plasma torch system as defined in any one of claims 10 to 14, **characterized in that** the sliding guide element (72) comprises a coolant feed line and a coolant exhaust line for acting upon the high-frequency lines (102) in the sliding guide element (72) with coolant.

16. Plasma torch system as defined in any one of the preceding claims, **characterized in that** the processing chamber (12) is in the form of a vacuum chamber.

17. Plasma torch system as defined in any one of claims 8 to 16, **characterized in that** the sliding guide element (72) comprises a sealing device (78) for gas-tight sealing from the processing chamber (12).

18. Plasma torch system as defined in claim 17, **characterized in that** the sealing device (78) is formed by a diaphragm bellows.

19. Plasma torch system as defined in any one of claims 8 to 18, **characterized in that** the sliding guide element (72) comprises a seal (108) by means of which an interior (84) of the sliding guide element (72) is sealed off gas-tight from an outside space of the plasma torch system (10).

20. Plasma torch system as defined in claim 19, **characterized in that** the interior of the sliding guide element (72) is adapted so as to be acted upon with an active medium.

21. Plasma torch system as defined in claim 20, **characterized in that** the active medium is a protective medium for suppressing high-frequency sparkovers.

22. Plasma torch system as defined in claim 20 or 21, **characterized in that** the active medium is conducted through the interior (84) of the sliding guide element (72) to cool the high-frequency lines (102).

23. Plasma torch system as defined in any one of claims 8 to 22, **characterized in that** the sliding guide element (72) is formed by a slide pipe.

24. Plasma torch system as defined in any one of claims 8 to 23, **characterized in that** the adapter (104) is held in a force-locking manner in relation to the sliding guide element (72) at a fixed distance from the high-frequency plasma torch (34).

25. Plasma torch system as defined in claim 24, **characterized in that** a holding element (106) with the adapter (104) fixed thereon is arranged in a force-locking manner on the sliding guide element (72) at a fixed distance from the high-frequency plasma torch (34).

26. Plasma torch system as defined in any one of the preceding claims, **characterized in that** the height adjustment device (32) comprises an adjusting drive (58).

27. Plasma torch system as defined in any one of the preceding claims, **characterized in that** the height adjustment device (32) comprises a control unit (59) for controlling the vertical distance (A) of the high-frequency plasma torch (34) relative to the workpiece (14).

28. Plasma torch system as defined in any one of the preceding claims, **characterized in that** the plasma torch device (80) comprises a high-frequency power coupling means (94) for inductively generating the plasma flame (82).

29. Plasma torch system as defined in any one of the preceding claims, **characterized in that** the processing chamber (12) is earthed.

30. Plasma torch system as defined in any one of the preceding claims, **characterized in that** a positioning device (16) for positioning the workpiece (14) which is to be processed relative to the high-frequency plasma torch (34) is arranged in the processing chamber (12).

31. Plasma torch system as defined in claim 30, **characterized in that** the workpiece (14) is positionable in a horizontal plane perpendicularly to the vertical direction (22) by the positioning device (16).

32. Plasma torch system as defined in claim 30 or 31, **characterized in that** the workpiece (14) is positionable in the vertical direction (22) by the positioning device (16).

33. Plasma torch system as defined in any one of the preceding claims, **characterized in that** the height adjustment device (32) is held on a holding device (44) which is mounted so as to be fixably displaceable in relation to the processing chamber (12).

34. Method of operating a plasma torch system comprising a high-frequency plasma torch with a plasma torch device for generating a plasma flame and a processing chamber for processing a workpiece with the aid of the plasma flame, **characterized in that** a vertical distance between the high-frequency plasma torch and the workpiece is set by displacement of the high-frequency plasma torch relative to the workpiece, and an adapter by means of which high-frequency power is coupled into high-frequency lines leading to the plasma torch device is arranged at a fixed distance from the plasma torch so as to enable the high-frequency lines to be rigidly conducted.

Revendications

1. Système de chalumeau à plasma, comprenant un chalumeau à plasma à haute fréquence (34) avec un dispositif de brûleur à plasma (80) dans lequel une flamme de plasma peut être produite en fournissant de la puissance à haute fréquence, une chambre d'usinage (12) dans laquelle des pièces d'oeuvre peuvent être positionnées afin d'être usinées au moyen de la flamme de plasma, **caractérisé en ce que** le système de chalumeau à plasma (10) présente un dispositif de réglage de hauteur (32) permettant de régler une distance verticale (A) entre le dispositif de brûleur à plasma (80) du chalumeau à plasma à haute fréquence (34) et une pièce d'oeuvre à usiner (14), et **en ce que** des lignes à haute fréquence (102) sont guidées de manière rigide entre un élément adaptateur (104) servant à coupler la puissance à haute fréquence d'un générateur haute fréquence aux lignes à haute fréquence (102) et le dispositif de brûleur à plasma (80) du chalumeau à plasma à haute fréquence (34).

2. Système de chalumeau à plasma selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les lignes à haute fréquence (102) sont réalisées sous la forme de résonateurs de lignes.

3. Système de chalumeau à plasma selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le chalumeau à plasma à haute fréquence (34) avec le dispositif de brûleur à plasma (80) peut être déplacé au moyen du dispositif de réglage de hauteur (32) dans une direction verticale (22) par rapport à la pièce d'oeuvre à usiner (14).

4. Système de chalumeau à plasma selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'élément adaptateur (104) est disposé à une distance fixe du chalumeau à plasma à haute fréquence (34) et **en ce qu'**il peut être déplacé avec ce dernier.

5. Système de chalumeau à plasma selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le générateur haute fréquence est disposé fixe par rapport à l'élément adaptateur (104) de façon à pouvoir être déplacé avec le chalumeau à plasma à haute fréquence (34).

6. Système de chalumeau à plasma selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le générateur haute fréquence est disposé fixe par rapport à la chambre d'usinage (12).

7. Système de chalumeau à plasma selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément adaptateur (104) est réglable de façon à optimiser l'alimentation en puissance à haute

fréquence fournie par les lignes à haute fréquence (102) au dispositif de brûleur à plasma (80).

8. Système de chalumeau à plasma selon l'une des revendications 3 à 7, **caractérisé en ce que** le chalumeau à plasma à haute fréquence (34) est maintenu sur un élément de guidage à coulissement (72) du dispositif de réglage de hauteur (32) qui peut être déplacé dans la direction verticale (22).

9. Système de chalumeau à plasma selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** des lignes d'alimentation du chalumeau à plasma à haute fréquence (34) sont guidées à travers l'élément de guidage à coulissement (72).

10. Système de chalumeau à plasma selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** les lignes d'alimentation comprennent les lignes à haute fréquence (102) allant au dispositif de brûleur à plasma (80).

11. Système de chalumeau à plasma selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que** les lignes d'alimentation comprennent une alimentation en gaz de travail (86) allant au dispositif de brûleur à plasma (80).

12. Système de chalumeau à plasma selon l'une des revendications 9 à 11, **caractérisé en ce que** les lignes d'alimentation comprennent une alimentation en fluide de refroidissement (98) allant au dispositif de brûleur à plasma (80), et une évacuation de fluide de refroidissement (100) partant de ce dernier dispositif (80).

13. Système de chalumeau à plasma selon l'une des revendications 9 à 12, **caractérisé en ce que** les lignes d'alimentation comprennent une alimentation en matériau d'apport (90) allant au dispositif de brûleur à plasma (80).

14. Système de chalumeau à plasma selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** l'alimentation en matériau d'apport (90) présente une buse (92) pour injecter le matériau d'apport par soufflage dans la flamme de plasma (82).

15. Système de chalumeau à plasma selon l'une des revendications 10 à 14, **caractérisé en ce que** l'élément de guidage à glissement (72) comprend une alimentation en fluide de refroidissement et une évacuation de fluide de refroidissement pour envoyer du fluide de refroidissement sur les lignes à haute fréquence (102) dans l'élément de guidage à coulissement (72).

16. Système de chalumeau à plasma selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la chambre d'usinage (12) est réalisée sous la forme d'une chambre à vide.

17. Système de chalumeau à plasma selon l'une des revendications 8 à 16, **caractérisé en ce que** l'élément de guidage à coulissement (72) comprend un dispositif d'étanchéité (78) pour assurer une étanchéité aux gaz vis-à-vis de la chambre d'usinage (12).

18. Système de chalumeau à plasma selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** le dispositif d'étanchéité (78) est formé par un soufflet à membrane.

19. Système de chalumeau à plasma selon l'une des revendications 8 à 18, **caractérisé en ce que** l'élément de guidage à coulissement (72) comprend un joint d'étanchéité (108) au moyen duquel un espace interne (84) de l'élément de guidage à coulissement (72) est séparé de manière étanche aux gaz d'un espace externe du système de chalumeau à plasma (10).

20. Système de chalumeau à plasma selon la revendication 19, **caractérisé en ce que** l'espace interne de l'élément de guidage à coulissement (72) peut être rempli avec un milieu de remplissage.

21. Système de chalumeau à plasma selon la revendication 20, **caractérisé en ce que** le milieu de remplissage est un milieu protecteur destiné à supprimer les claquages à haute fréquence.

22. Système de chalumeau à plasma selon la revendication 20 ou la revendication 21, **caractérisé en ce que** le milieu de remplissage est amené par l'espace interne (84) de l'élément de guidage à coulissement (72) afin de refroidir les lignes à haute fréquence (102).

23. Système de chalumeau à plasma selon l'une des revendications 8 à 22, **caractérisé en ce que** l'élément de guidage à coulissement (72) est formé par un tube coulissant.

24. Système de chalumeau à plasma selon l'une des revendications 8 à 23, **caractérisé en ce que** l'élément adaptateur (104) est maintenu selon une liaison par friction par rapport à l'élément de guidage à coulissement (72) à une distance fixe du chalumeau à plasma à haute fréquence (34).

25. Système de chalumeau à plasma selon la revendication 24, **caractérisé en ce qu'**un élément de support (106) sur lequel est fixé l'élément adaptateur (104) est disposé sur l'élément de guidage à coulissement (72), selon une liaison par friction, à une

distance fixe du chalumeau à plasma à haute fréquence (34).

26. Système de chalumeau à plasma selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de réglage de hauteur (32) comprend un mécanisme de commande (58).

27. Système de chalumeau à plasma selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de réglage de hauteur (32) présente un module de commande (59) pour régler la distance verticale (A) du chalumeau à plasma à haute fréquence (34) par rapport à la pièce d'oeuvre (14).

28. Système de chalumeau à plasma selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de brûleur à plasma (80) comprend un moyen de couplage de la puissance à haute fréquence (94) à l'aide duquel la flamme de plasma (82) peut être produite par induction.

29. Système de chalumeau à plasma selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la chambre d'usinage (12) est mise à la terre.

30. Système de chalumeau à plasma selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un dispositif de positionnement (16) est disposé dans la chambre d'usinage (12) afin de positionner la pièce d'oeuvre à usiner (14) par rapport au chalumeau à plasma à haute fréquence (34).

31. Système de chalumeau à plasma selon la revendication 30, **caractérisé en ce que** la pièce d'oeuvre (14) peut être positionnée par le dispositif de positionnement (16) dans un plan horizontal perpendiculairement à la direction verticale (22).

32. Système de chalumeau à plasma selon la revendication 30 ou 31, **caractérisé en ce que** la pièce d'oeuvre (14) peut être positionnée dans la direction verticale (22) par le dispositif de positionnement (16).

33. Système de chalumeau à plasma selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de réglage de hauteur (32) est maintenu sur un dispositif de support (44) qui est supporté de manière à pouvoir se déplacer de manière définissable par rapport à la chambre d'usinage (12).

34. Procédé pour faire fonctionner un système de chalumeau à plasma comprenant un chalumeau à plasma à haute fréquence avec un dispositif de brûleur à plasma pour produire une flamme de plasma ainsi qu'une chambre d'usinage pour usiner une pièce d'oeuvre à l'aide de la flamme de plasma, **caractérisé en ce qu'**on règle une distance verticale entre le chalumeau à plasma à haute fréquence et la pièce d'oeuvre en déplaçant le chalumeau à plasma à haute fréquence par rapport à la pièce d'oeuvre, dans lequel un élément adaptateur, au moyen duquel une puissance à haute fréquence est couplée à des lignes à haute fréquence conduisant au dispositif de brûleur à plasma, est disposé à une distance fixe du chalumeau à plasma de telle façon que les lignes à haute fréquence peuvent être guidées de manière rigide.

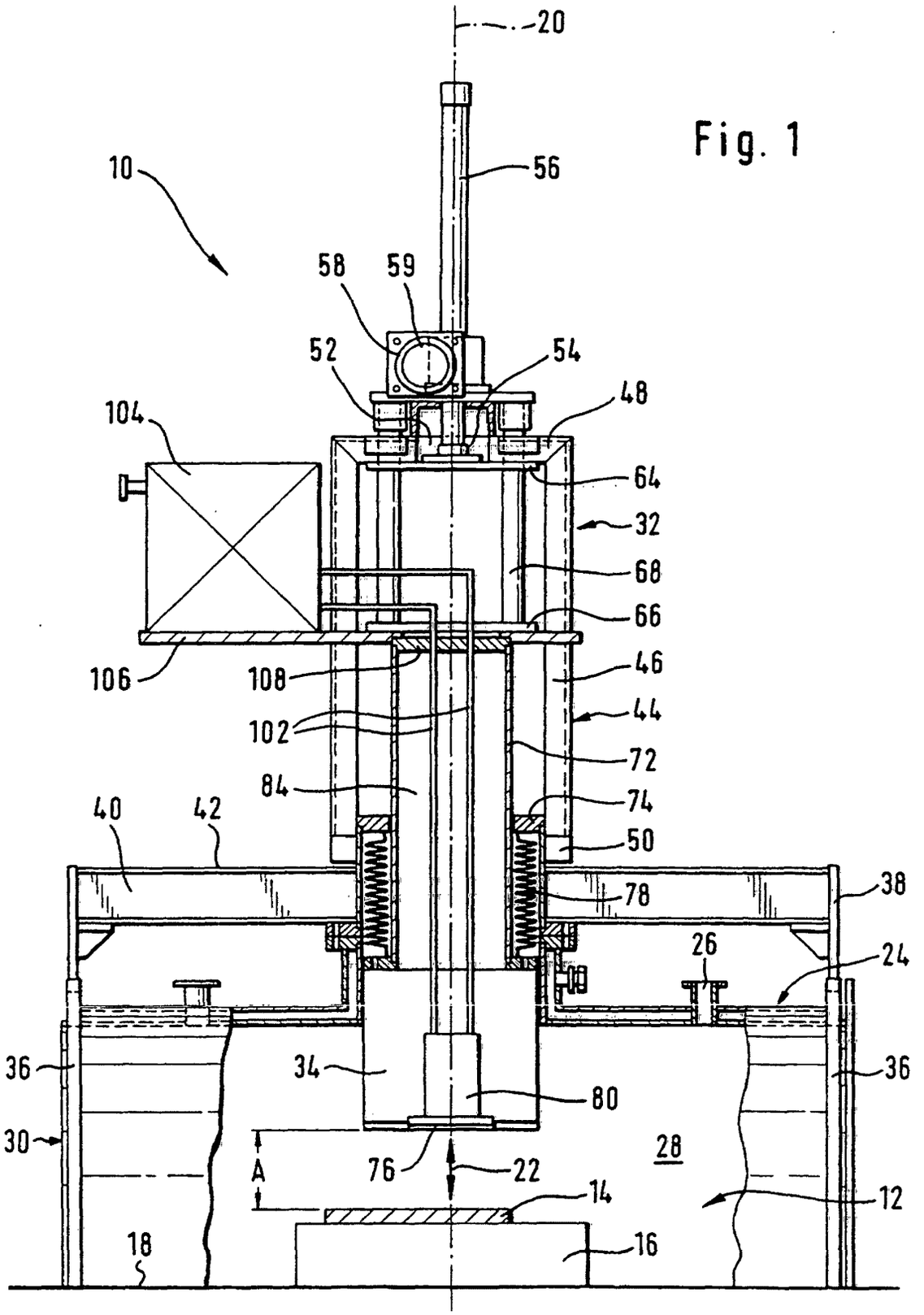

20
10
56
58
59
52
54
48
104
64
32
68
66
106
108
46
44
102
72
84
74
40
42
50
78
38
26
24
36
34
80
36
30
A
76
22
28
14
12
18
16

Fig. 1

Fig. 2

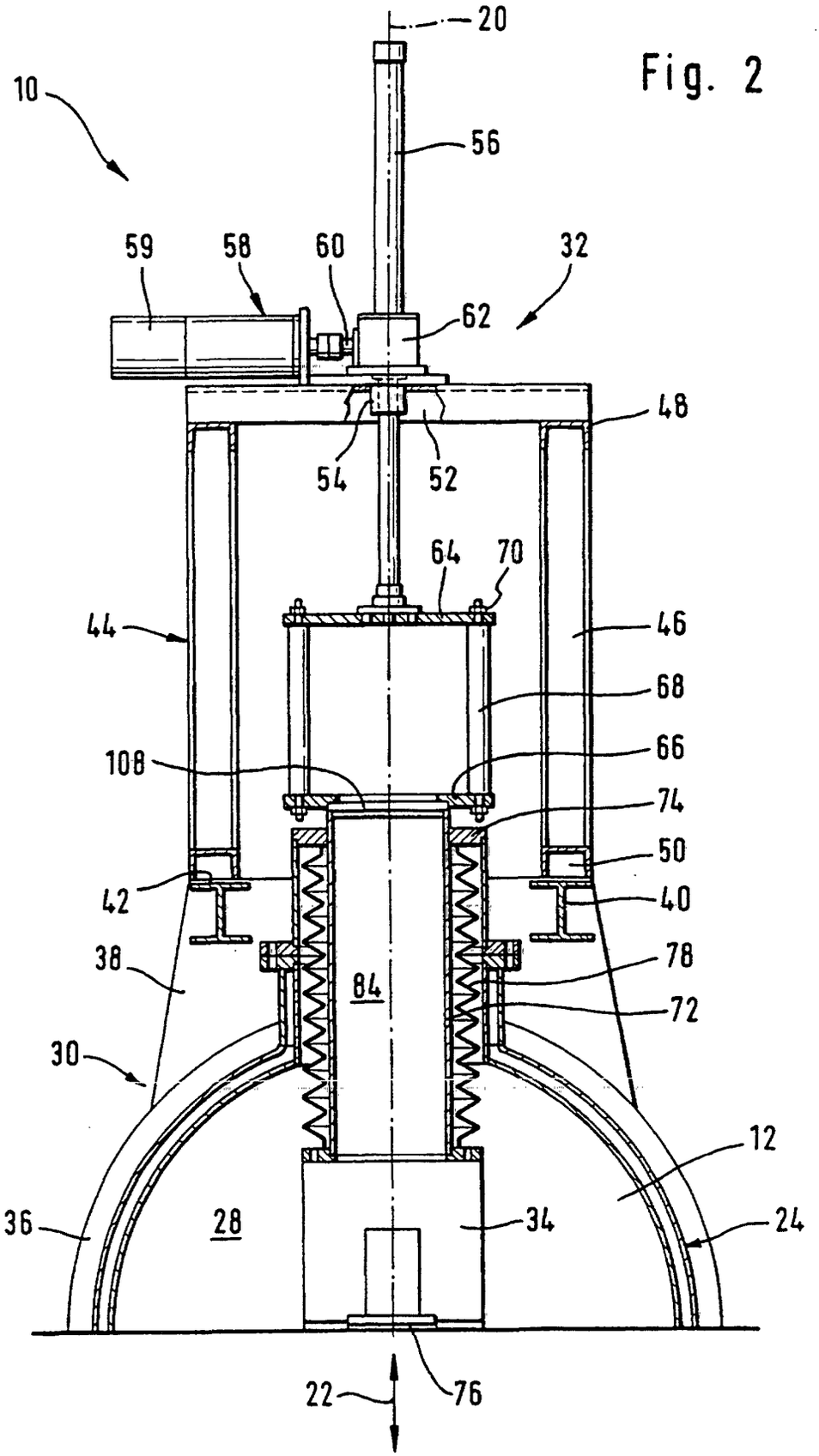

20
10
56
59
58
60
32
62
48
54
52
64
70
44
46
68
108
66
74
50
42
40
38
78
84
72
30
12
36
28
34
24
22
76

Fig. 3

