

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. Februar 2003 (20.02.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/013775 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷:
B21J 15/50, B23H 9/14

B23H 9/00,

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MEISTER, Titus** [DE/DE]; Meilenhausen 12a, 84048 Mainburg (DE). **BERMANN, Johann** [DE/DE]; Kaiserstrasse 36, 85126 Münchsmünster (DE). **FISCHER, Anton** [DE/DE]; Las-sallestrasse 18, 85051 Ingolstadt (DE). **SCHMIDTNER, Max** [DE/DE]; Sternau 24, 85077 Manching (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/02670

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Juli 2002 (22.07.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
101 35 587.4 20. Juli 2001 (20.07.2001) DE

(74) Gemeinsamer Vertreter: **EADS DEUTSCHLAND GMBH**; Patentabteilung, 81663 München (DE).

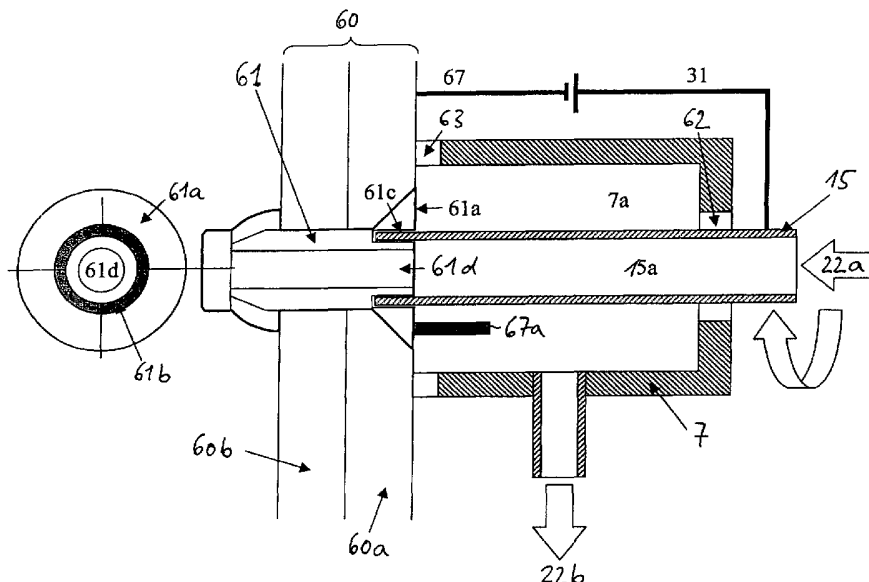
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **EADS DEUTSCHLAND GMBH** [DE/DE]; Willy-Messerschmitt-Strasse, 85521 Ottobrunn (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: EROSION DEVICE WITH AN EROSION HEAD FOR REMOVING METAL CONNECTING ELEMENTS

(54) Bezeichnung: ERODIER-VORRICHTUNG MIT EINEM ERODIER-KOPF ZUM ENTFERNEN VON METALLISCHEN VERBINDUNGSELEMENTEN



(57) Abstract: The invention relates to an EDM installation for removing metal connecting elements from a structure (W, 60), comprising a drill head (3), a rotational drive (10) which rotates a tool, a positioning system (15) for moving the tool, and a process control (48) for controlling the entire installation. The inventive installation further comprises an energy device (30) and an electric circuit. The tool is a tubular electrode (5) through whose interior (5a) a dielectric can be guided to the surface (61a) of the connecting element (61) to be broken facing the interior (7a), thereby producing a voltage between the tubular electrode (5) and the connecting element (61) to be broken in order to achieve EDM erosion.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 03/013775 A1



SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Funken-Erodieranlage zum Entfernen von Verbindungselementen aus einer Struktur (W, 60) mit einem Bohrkopf (3), einem Rotationsantrieb (10), mit dem ein Werkzeug in Drehung versetzt wird, einer Positionieranlage (15) zur Bewegung des Werkzeugs sowie einer Prozesssteuerung (48) zur Steuerung der Gesamtanlage, wobei die Vorrichtung ein Energiegerät (30) und einen elektrischen Stromkreis umfasst, und dass weiterhin das Werkzeug eine Rohrelektrode (5) ist, durch deren Innenraum (5a) ein Dielektrikum bis zu der dem Innenraum (7a) zugewandten Oberfläche (61a) des zu lösenden Verbindungselements (61) geführt werden kann, um eine Spannung zwischen der Rohrelektrode (5) und dem zu lösenden Verbindungselement (61) zur Bewerkstelligung einer Funkenerosion zu bewirken.

**Erodier-Vorrichtung mit einem Erodier-Kopf
zum Entfernen von metallischen Verbindungselementen**

- 5 Die Erfindung betrifft eine Erodier-Vorrichtung mit einem Erodier-Kopf zum Entfernen von metallischen Verbindungselementen.

10 Zum Entfernen von Verbindungselementen wurden bisher Kernloch-Bohrer eingesetzt, die das zu entfernende Verbindungselement, z.B. den Niet, zentrisch zerspanen. Ein Nachteil dieses Bohrverfahrens ist, dass Strukturteile, die durch die Verbindungselemente zusammengehalten werden, beschädigt werden können. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn Nieten zu entfernen sind, da diese bis zu der zwischen dem Nietkopf und dem Niethals liegenden Übergangsstelle ausgebohrt werden müssen und an dieser Stelle die mit dem Niet verbundenen Strukturteile anliegen.

15 Des weiteren werden im Flugzeugbau an nur einseitig zugänglichen Stellen Verbundniete mit hochfesten Ziehdomen eingesetzt. Dadurch liegt gerade im Zentrum des Nietes ein sehr hartes Material vor, wodurch sich folgende weitere Probleme ergeben: Die Qualität der Zentrierung, d.h. die Genauigkeit, mit der die Bohrmaschine angesetzt wird, hängt von der manuellen Geschicklichkeit des Handwerkers ab, wodurch sich jedoch ein Streubereich mit relativ ungenauen Zentrierungen ergibt. Außerdem verschleißt das Werkzeug, d.h. der Bohrer, besonders stark an Ziehnieten in Abhängigkeit des ausgeübten Anpressdruckes. Ein weiterer Nachteil ist eine mögliche Wärmeentwicklung, die insbesondere dann entsteht, wenn die Schneidwirkung des Bohrers durch Abnutzung stark nachlässt oder der Niet mit dem Werkzeug mitdreht, wodurch erhöhte Reibungswärme entsteht und dadurch eine Schädigung der Struktur (Gefügeveränderung) eintreten kann.

25 Aus diesen Gründen eignet sich dieses Bohrverfahren auch zum Entfernen von Verbundnieten mit Ziehdomen nur eingeschränkt.

30 Abgesehen von vorgenannten technischen Problemen bedeutet dieses Bohrverfahren eine sehr starke körperliche Belastung des ausführenden Handwerkers, die zusätzlich die Qualität dieses Verfahrens beeinträchtigt.

35 Die Aufgabe der Erfindung ist, ein Bohrverfahren sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen, mit dem ein möglichst wirtschaftliches Entfernen von Verbindungselementen aus Strukturteilen möglich ist, und die Strukturteile möglichst zuverlässig unbeschädigt bleiben.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weitere Ausführungsformen sind in den auf diese rückbezogenen Unteransprüchen angegeben.

Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung bzw. des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt darin, daß mit dieser bzw. mit diesem eine Reduzierung von Prozesszeiten sowie eine Verringerung des Werkzeugverschleisses erreichbar ist. Die erfindungsgemäße Vorrichtung bzw. das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht weiterhin einen ergonomisch vorteilhaften Ablauf ohne außergewöhnliche physische Belastung für den ausführenden Handwerker.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der beiliegenden Figuren beschrieben, die zeigen:

- 10 - Fig. 1 einen schematischen Überblick über die Hauptfunktionen oder Hauptbestandteile der erfindungsgemäßen Funken-Erodieranlage mit einer Positionier-Einrichtung und einer Funken-Erodiereinrichtung,
- Fig. 2 eine Darstellung der Bewegungsrichtungen, die von der Positionier-Einrichtung in Bezug auf Positionen von Verbindungselementen in einem Werkstück zur Verfügung gestellt werden,
- 15 - Fig. 3 ein Funktionsschema der Funkenerodier-Einrichtung,
- Fig. 4 einen Axialschnitt durch eine Anordnung aus dem Bohrkopf, einer Variante des elektrischen Kreislaufes sowie einem zur Bearbeitung vorgesehenen Verbindungselement mit einem Teil der durch dieses verbundenen Strukturteile.
- 20

Die erfindungsgemäße Funken-Erodieranlage F (Fig. 1) zur Entfernung von metallischen Verbindungselementen umfaßt eine Positionier-Anlage 1, die mittels einer Positionier-Steuerung 2 einen Erodierkopf 3 mit einem Bohrkopf 4 dreidimensional in Bezug auf ein von einem Werkstück W zu lösendes Verbindungselement V positioniert. Die dem Bohrkopf 4 zugewandte Strukturoberfläche ist in der Fig. 2 mit dem Bezugszeichen F und die dem Bohrkopf 4 zugewandte Oberfläche des Verbindungselements ist mit dem Bezugszeichen S bezeichnet. Der Bohrkopf 4, der von einem Bohrkopf-Träger 4a getragen ist, ist während des Erodierverfahrens zusätzlich mittels eines Rotationsantriebs 6 und einer linearen Zustelleinheit 5 in drei translatorischen und zwei rotatorischen Bewegungsrichtungen, also in insgesamt insgesamt fünf Freiheitsgraden, verstellbar, wobei die Erodierachse mit der Verlängerung der Zustellachse der linearen Zustelleinheit 5 identisch ist.

Am Bohrkopf 4 ist eine Positionier-Sensorik 7 angeordnet, mittels der eine Bestimmung der Lage des Bohrkopfs 4 relativ zum jeweils zu entfernenden Verbindungselement V vornehmbar ist. Die Positionier-Sensorik 7 ist vorzugsweise als Flächensensor und insbesondere als Laser-Sensor realisiert und kann zusätzlich eine Videokamera aufweisen. Bei Verwendung einer Videokamera ist der Positionier-Sensorik 7 vorzugsweise eine Bildverarbeitungs-Einheit 9 zugeordnet, mit der die

Erkennung der Position des Verbindungselements V durch eine verbesserte Erkennung der Verbindungselement-Geometrie verbessert werden kann. Die Videokamera kann optional auch zur Kontrolle des chemisch-mechanischen Erodierprozesses vorgesehen sein. Die Steuerung der Positionier-Anlage 1 auf der Basis der Daten von der Positionier-Sensorik und gegebenenfalls der Bildverarbeitungs-Einheit 9 wird von der Positionier-Steuerung 2 durchgeführt. Dabei werden die erforderlichen Parameter zur relativen Ausrichtung des Bohrkopfträgers 4a zum Werkstück W bzw. zum Verbindungselement V durch die Positionier-Sensorik 7 erfasst. Bei Verwendung der Bildverarbeitungs-Einheit 9 erfolgt die exakte Positionierung durch eine Bilderkennungs-Sensorik in Form z.B. zumindest eines Kameramoduls, und eines geeigneten Bildverarbeitungssystems, wobei die Bilderkennungs-Sensorik vorzugsweise am Bohrkopfträger 4a befestigt ist. Die Videokamera, sofern sie vorgesehen ist, ist mit einem Kontrollmonitor 9a über ein Video-Signalkabel 9b verbunden. Statt der Videokamera 9 kann jedoch auch jede andere Art einer zweckmäßigen Kontrolleinrichtung zur Kontrolle des Grobpositionierens vorgesehen sein. Der Vorteil bei der Verwendung einer Videokamera ist, daß diese auch zur Kontrolle des Erodierprozesses verwendet werden kann.

Bei der Verwendung von zwei Kameramoduln ermöglicht das erste Kameramodul die Erfassung einer größeren Anzahl von Verbindungselementen oder Verbindern V, das über einem separaten Monitor auch für die Groborientierung und Positionierung des Bohrkopfes 4 in bezug auf das Werkstück W verwendet werden kann. Mit einem zweiten Kameramodul werden die einzelnen Verbindungselemente V für das Bildverarbeitungssystem optisch erfasst. Anhand dieser Bilddaten ermittelt das Bildverarbeitungssystem den Verbindermittelpunkt und bestimmt die Koordinaten, die abgespeichert werden und über die der Bohrkopf jederzeit wieder exakt über dem einmal erfassten Verbinder platziert werden kann.

Bei der Verwendung nur eines Kameramoduls können die beschriebenen Funktionen auch von diesem einen Kameramodul erfüllt werden. Es können jedoch auch mehr als zwei Kameramodule vorgesehen sein, auf die die beschriebenen Funktionen in zweckmäßiger Weise verteilt werden können.

Die eigentliche Entfernung der Verbinder erfolgt durch eine Funken-Erodieranlage 10 mit dem Erodierkopf 3 und einer stationären Ausrüstung 11. Der Erodierkopf 3 bereitet das Verbindungselement V durch Schwächung oder Durcherodieren des Schaftes des Verbindungselements V soweit vor, dass dieser im Nachgang durch Ausschlagen oder Herausziehen desselben entfernt werden kann. Die Steuerung des Erodierkopfes 4 erfolgt mittels einer Erodier-Steuereinheit 13.

Die Funken-Erodieranlage (Fig. 2 und 3) umfaßt zur Durchführung des eigentlichen Erodiervorgangs den Erodierkopf 3 mit einer drehbaren Rohrelektrode 15 und einen Spülkäfig 17. Zur Werkstellung der Drehung der Rohrelektrode 15 ist der Rotationsantrieb 6 vorgesehen. Der Rota-

tionsantrieb 6 mit dem Bohrkopf 3 sitzt auf einem Zustell-Schlitten 18 der linearen Zustelleinheit 5, die ferner zu dessen Antrieb einen Zustellantrieb 19 aufweist. Gesteuert von der Erodier-
Steuereinheit 13 wird mittels des Zustellantriebs 19 der Vorschub der Rohrelektrode 15 in der z-
Richtung (Fig. 2) bewerkstelligt. Der Rotationsantrieb 6 ermöglicht Drehbewegungen des Bohr-
kopfs 4 um zwei senkrecht zueinander verlaufenden Achsen, in der Darstellung der Fig. 2 um die
Vertikal- oder x-Achse und um die Horizontal- oder y-Achse. Durch die Drehung um die x-Achse
ergibt sich ein Verstellwinkel α , während sich durch die Drehung um die y-Achse ein Verstellwinkel
 β des Erodierkopfes 3 ergibt.

Durch die Positionieranlage 1 kann der Erodierkopf 3 in der y- und der x-Richtung positioniert wer-
den. Dies geschieht vorzugsweise vor dem eigentlichen Erodierprozeß. Die Positionieranlage 1
kann hierzu durch ein Flächenportal mit zwei Linearachsen in der x- und der y-Richtung realisiert
sein. Es können jedoch auch andere Positionier-Einrichtungen nach dem Stand der Technik ver-
wendet werden. Durch die Vor-Positionierung des Erodierkopfes 3 mittels der Positionieranlage 1
wird der Erodierkopf 3 an eine geeignete Stelle der Oberfläche S des zu entfernenden Verbindungs-
elements V gebracht, von der aus der Erodierprozeß starten kann. Wenn die Vor-
Positionierung des Erodierkopfes 3 erfolgt ist, wird die Positionieranlage zunächst arretiert, bis
gegebenenfalls noch Korrekturen während des Erodierprozesses erforderlich sind. Im Zusammen-
hang mit dieser Vor-Positionierung wird der Erodierkopf 3 zusätzlich mittels des Rotationsantriebs
6 ausgerichtet, um auch eine geeignete Ausrichtung des Erodierkopfes 3 vor dem Beginn des Ero-
dierprozesses zu bewerkstelligen. Diese Vor-Positionierung wird erfindungsgemäß automatisch
mittels der Positionier-Sensorik, gegebenenfalls mittels der Bildverarbeitungseinheit 9 sowie mittels
der Positionier-Steuerung 2 durchgeführt, kann jedoch auch halb-automatisch oder manuell erfol-
gen.

Im folgenden wird die bevorzugte Gestaltung der Positionier-Anlage 1 als Flächenportal beschrie-
ben:

Das Flächenportal weist eine x- und eine y- Linearachse auf, wodurch der Bohrkopf 4 bzw. der
Erodierkopf 3 parallel zur Werkstückfläche des Werkstücks W und insbesondere zum Kopf oder
der Oberfläche S des zu entfernenden Verbindungselements V in dem Werkstück W verfahren
kann. Die Annäherung des Bohrkopfes 4 an das Werkstück W erfolgt über eine weitere Linearach-
se, die vorzugsweise drehbar um x- und y- Achse des Portalsystems gelagert ist. Die Lageorientie-
rung des Bohrkopfes 4 relativ zum Werkstück W (orthogonal zur Strukturoberfläche F) wird über
drei Laser-Abstandssensoren ermittelt, die auf dem Bohrkopfträger, parallel zur Achse der am Ero-
dierkopf 3 angeordneten Elektrode 15 befestigt sind. Diese Methode wird insbesondere dann ver-
wendet, wenn das Verbindungselement derart von der der Erodieranlage gegenüberliegenden
Seite des Werkstücks W zugänglich ist, so daß dieses durch das Erodieren einer Nut nur soweit

geschwächt werden muss, dass es nachfolgend nach hinten ausgeschlagen werden kann. Fehlt diese Zugänglichkeit aus Sicht der Erodieranlage nach hinten, muss der komplette Verbinderschaft durcherodiert werden, so dass das Verbindungselement V nach vorne herausgezogen werden kann. Dazu wird bei der beschriebenen Ausführungsform ein weiterer Laserabstandssensor, vorzugsweise ein Punktlaser, verwendet, über den der Bohrkopf 4 relativ zur Verbinderoberfläche S ausgerichtet wird, um beim Erodieren dem Verlauf des Verbinderschafts exakt axial folgen zu können.

Mit einer Positionieranlage der beschriebenen Art kann eine Werkstück-Fläche von ca. 2,7m x 2,7m bearbeitet werden, wobei eine Positioniergenauigkeit von $\pm 0,1\text{mm}$ erreichbar ist.

Die technische Ausprägung der Positionieranlage kann verschiedene Kombinationen aus Lokal- und Global-Positioniertätigkeit umfassen (Maximierung, Miniaturisierung).

Während des Erodierprozesses können je nach der Position und Lage des Werkstücks W mit den zu entfernenden oder zu erodierenden Verbindungselementen V Korrekturen in der Ausrichtung des Erodierkopfes 3 bzw. der Elektrode mittels des Rotationsantriebs 6 oder auch in der x- oder y-Richtung erforderlich werden. Diese Korrekturen können auch während des Erodierprozesses erfolgen, wozu auch die Positionier-Sensorik 7, gegebenenfalls die Bildverarbeitungs-Einheit 9 und die Positionier-Steuerung 2 verwendet werden können.

Neben dieser bevorzugten Ausführungsform können anstatt oder neben der Positionier-Anlage 1 und dem Rotationsantrieb 6 erfindungsgemäß auch andere Bewegungs-Mimiken nach dem Stand der Technik zu Positionierung und Ausrichtung des Erodierkopfes 3 in der beschriebenen Art vorgesehen sein.

Der Spülkäfig 17 ist Bestandteil eines Spülsystems 20, das ferner eine Filteranlage 21 und eine Pumpe 22 umfasst. Mit der Pumpe 22 wird ein Medium, das als Dielektrikum dient, über eine Zuleitung 22a dem Spülkäfig 7 zugeführt, das aus diesem mittels einer Absaugleitung 22b wiederum der Filteranlage 21 zugeführt werden kann. Die Filteranlage 21 dient zur Reinigung des Dielektrikums, während die Pumpe 22 dazu dient, das Dielektrikum mit ausreichendem Druck dem Spülkäfig 7 zuzuführen.

Ein Erodierenergiegerät 30 ist vorgesehen, das über eine Leitung 31 Erodierstrom an die Elektrode 15 schickt, mit dem der Erodierprozess am Werkstück bewirkt wird. Ein Erodiersteuergerät 40 steuert den Erodiervorgang. Es gibt über eine Kommandoleitung 42 Kommandosignale an den Zustellantrieb 19. Dies kann über eine im Steuergerät 40 integrierte Regelungsfunktion bewirkt werden, die als Regelgröße die Position des Zustell-Schlittens 18, der den Elektrodenvorschub

bewirkt, empfängt. Hierzu ist ein Sensor 43 vorgesehen, der die Position abgreift. Mittels der Signalleitung 44 wird die Ist-Position der Linear-Achse bzw. des Bohrkopfes dem Steuergerät 40 zugeführt, das mittels eines Reglers Kommandos für den Zustellantrieb 16 abgibt. Der Sensor 43 kann beispielsweise als Drehgeber gestaltet und mit dem Zustellantrieb 19 verbunden sein.

5

Das Steuergerät 40 steht über eine Eingabeleitung 45 mit einem Eingabegerät der Prozesssteuerung 47 in Verbindung, mit dem Prozessvorgaben in das Steuergerät 40 zur Gestaltung des Erodierverfahrens eingeführt werden können. Das Erodier-Steuergerät sendet Steuersignale an die Erodier-Energiequelle 30, mit denen die Stärke und der Verlauf des Erodier- oder Spaltstroms bestimmt und kontrolliert wird, z.B. die Impulslängen, die durchschnittlichen Amplitudenhöhen und Amplituden-Maxima oder die Impulspausen des Erodier-Stroms. Dabei können verschiedene Parameter einfließen wie Elektroden-Werkstoff, Werkstück-Material und -Größe oder das verwendete Dielektrikum. Die vom Erodier-Steuergerät ermittelten Steuervorgaben stellen ein Optimum für den von der Erodier-Energiequelle abzugebenden Strom dar.

10

15

Der Spülkäfig 7 (Fig. 3) schließt einen Innenraum 7a um das in dem Werkstück W sitzende Verbindungselement V in einem Bereich der Rohrelektrode 15 ab. Dem Raum 7a wird über die Zuleitung 22a ein Dielektrikum zugeführt. Als Dielektrikum wird vorteilhafterweise entionisiertes Wasser mit einer Leitfähigkeit von vorzugsweise 10 bis 60 $\mu\text{S/cm}$, jedoch je nach Anwendungsfall auch über diesen Bereich hinaus, verwendet. Im Betrieb der Funkenerodier-Anlage ist der Raum 7a nahezu vollständig mit einem Dielektrikum gefüllt. Um den Raum 7a gegen den Austritt von Dielektrikum abzudichten, ist zum einen eine Dichtung 62 zwischen dem Spülkäfig 7 und der Rohrelektrode 5 sowie eine Dichtung 63 zum Abdichten des Spülkäfigs 7 gegenüber dem Werkstück W oder der Struktur vorgesehen.

20

25

Das Werkstück W kann mehrere Strukturteile im Bereich des Verbindungselements V umfassen. Das Werkstück oder die Struktur ist in der Figur 4 mit dem Bezugszeichen 60 und das Verbindungselement ist in der Figur 4 mit dem Bezugszeichen 61 bezeichnet. Falls beispielsweise das Verbindungselement 61 ein Niet ist, kann die Struktur 60 üblicherweise eine Beplankung 60a und eine Substruktur 60b wie z.B. ein Spant in einer Flugzeugstruktur, umfassen. Der Spülkäfig 7 ist so angeordnet, dass die Stelle an der Struktur 60, an der das Verbindungselement 61 angeordnet ist, vollständig mit Dielektrikum umspült werden kann. Der Spülkäfig 7 muss also das gesamte Verbindungselement 61 auf der Seite der Rohrelektrode 15 umschließen. Mit dieser Variante der vorher dargestellten abgedichteten Punktspülung ist der Erodiervorgang in beliebiger räumlicher Lage des Werkstücks 61 oder auch des Bohrkopfes 4 durchführbar.

30

35

Ein Vorteil dieser Gestaltung des Spülsystems 20 ist, daß es eine abgedichtete, lageunabhängige Erodierung des Verbindungselements V durch Punktspülung mit Massekontaktierung am Verbindungselement ermöglicht.

- 5 Die Rohrelektrode 15 ist drehbar gegenüber dem Spülkäfig 7 sowie gegenüber dem Verbindungselement 61 angeordnet und durchragt den Spülkäfig 7. An das Werkstück 60 ist die Masseleitung 67 angeschlossen, die alternativ auch über eine Spezialkontaktierung 67a mit dem Verbindungselement 61 (Fig. 4) verbunden werden kann. Letzter Fall ist erfindungsgemäß dann vorzusehen, wenn die Struktur 60 nur schlecht oder nicht elektrisch leitend ist, also beispielsweise eine CFK-
10 Struktur ist. Der Innenraum 15a der Rohrelektrode 15 wird über die Zuleitung 22a mit Dielektrikum beschickt, das bis zu der der Rohrelektrode 5 zugewandten Oberfläche 61a bzw. S (Fig. 2) des Verbindungselements 61 bzw. V hingeführt wird.

- Die Fig. 4 zeigt einen Zustand, bei dem die Rohrelektrode 15 aufgrund des Erodierprozesses bereits Ringnute 61b im Verbindungselement 61 gebildet hat. Es ist erkennbar, dass sich zwischen
15 der Ringnut 61b und der Rohrelektrode 5 ein Zwischenraum 61c ausbildet. Das im Innenraum 7a befindliche Dielektrikum strömt durch den Zwischenraum 61c in den Raum 7a des Spülkäfigs 7, um über die Absaugleitung 22b zur Filteranlage 21 geführt werden zu können. Das aus dem Zwischenraum 61c kommende Dielektrikum führt Abtragmaterial mit sich, das im Erodierprozess aus dem
20 Verbindungselement 61 entstanden ist. Auf diese Weise wird Abtragmaterial über die Leitung 22b von der Bearbeitungsstelle entfernt.

- Die Rohrelektrode 15 wird mittels des Rotationsantriebs 6 für den Erodierprozess in Drehung versetzt, um ungleichen Verschleiß der werkstückseitigen Oberfläche der Elektrode zu verhindern.
25 Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn die Oberfläche 61a des Verbindungselements vor dem Erodierprozess eine unebene, z.B. mit Nuten versehene Oberfläche aufweist. Im Betrieb wird zunächst die Elektrode 15 achsenparallel zum zu lösenden Verbindungselement 61 bzw. flächennorthogonal zur Struktur 60 angesetzt. Dies geschieht über die Sensorik 7, die dazu vorzugsweise als Laserabstandssensorik realisiert ist. Die Rohrelektrode 15 wird in Drehung versetzt und die
30 Pumpe 22 eingeschaltet, um den Innenraum 15a der Rohrelektrode 15 mit Dielektrikum zu beschicken. Dadurch fließt das Dielektrikum von der Filteranlage 21 über die Zuleitung 22a durch den Innenraum 5a der Rohrelektrode und den Zwischenraum 61c in den Innenraum 7a und anschließend über die Absaugleitung 22b zurück in die Filteranlage 21.

- 35 Die Verfahrensschritte des erfindungsgemäßen Erodierprozesses sind wie folgt:

Zur Vorbereitung des eigentlichen Erodierprozesses ist eine Masseverbindung zum Werkstück oder zum Verbindungselement mittels des Spezialkontaktes 67a herzustellen, im Spülsystem 20

der Füllstand des Dielektrikums zu kontrollieren bzw. Dielektrikum nachzufüllen und ein in Bezug auf den zu entfernenden Verbindertyp geeigneter Elektrodentyp mit geeignetem Durchmesser in den Bohrkopf 4 einzuspannen.

- 5 Anschließend wird der Bohrkopf 4 mittels der Positionieranlage 1 in Bezug auf das zu entfernende Verbindungselement V bzw. 61 ausgerichtet und die Elektrode 15 gegebenenfalls mit Hilfe der Bildverarbeitungs-Einheit 9 auf die Oberfläche S bzw. 61a des Verbindungselements V bzw. 61 zentriert sowie erforderliche Feinkorrekturen vorgenommen. Daraufhin wird der eigentliche Erodierprozeß durchgeführt.

10

Gegebenenfalls werden erodierte Verbindungselemente mittels Durchschlag entfernt.

Diese Schritte können an weiteren Verbindungselementen wiederholt werden.

- 15 Erfindungsgemäß ist eine Funken-Erodieranlage zum Entfernen von Verbindungselementen aus einer Struktur mit einem Bohrkopf 3, einem Rotationsantrieb 10, mit dem ein Werkzeug in Drehung versetzt wird, einer Positionieranlage 15 zur Bewegung des Werkzeugs sowie einer Prozesssteuerung 48 zur Steuerung der Gesamtanlage vorgesehen,

- 20 wobei die Vorrichtung ein Energiegerät 30 und einen elektrischen Stromkreis umfasst und weiterhin das Werkzeug eine Rohrelektrode 5 ist, durch deren Innenraum 5a ein Dielektrikum bis zu der dem Innenraum 7a zugewandten Oberfläche 61a des zu lösenden Verbindungselements 61 geführt werden kann, um eine Spannung zwischen der Rohrelektrode (5) und dem zu lösenden Verbindungselement 61 zur Bewerkstelligung einer Funkenerosion zu bewirken. Der Rotationsantrieb
- 25 10 ist zur Rotation der Rohr-Elektrode auf einem linear beweglichen Zustellschlitten angeordnet und eine Positionier-Sensorik ist am Bohrkopf zur Bestimmung der Lage des Bohrkopfes relativ zum Verbindungselement vorgesehen. Zumindest eine Videokamera mit einer zugehörigen Monitor-Einheit und mit einer Bildverarbeitungs-Einheit ist zur Positionierung des Bohrkopfes und zur Kontrolle des chemisch-mechanischen Erodier-Prozesses vorgesehen. Die Prozesssteuerung 48 weist
- 30 vorzugsweise einen Laserabstands-Sensor in Verbindung mit einem Erodier-Steuergerät 40 auf zur Kontrolle oder Regelung der Position des Bohrkopfes 4 relativ zur Verbinder-Oberfläche S über die Position des Zustell-Schlittens 18. Dabei kann auch ein Sensor verwendet werden, mit dem die Verbinder-Oberfläche S erfaßt wird, z.B. eine Kamera. Im Zusammenwirken mit dem Erodier-Steuergerät 40 kann automatisch, d.h. über entsprechende Regelungsfunktionen die Elektrode
- 35 relativ zum Verbinder in einer Sollposition gehalten werden. Das Erodier-Steuergerät 40 ermittelt über Sollvorgaben oder über Regelfunktionen Signale, die an das Energiegerät (30) gesendet werden. Mit diesen Signalen werden insbesondere die Impulslängen, der durchschnittlichen Amplitu-

denhöhen und Amplituden-Maxima sowie die Impulspausen des Erodier-Stroms festgelegt, der von der Erodier-Energiequelle 30 zur Bewerkstelligung der Funkenerosion abgegeben wird.

Patentansprüche

5 1. Funken-Erodieranlage zum Entfernen von Verbindungselementen aus einer Struktur (W, 60) mit einem Bohrkopf (3), einem Rotationsantrieb (10), mit dem ein Werkzeug in Drehung versetzt wird, einer Positionieranlage (15) zur Bewegung des Werkzeugs sowie einer Prozesssteuerung (48) zur Steuerung der Gesamtanlage,

10 wobei die Vorrichtung ein Energiegerät (30) und einen elektrischen Stromkreis umfasst und weiterhin das Werkzeug eine Rohrelektrode (5) ist, durch deren Innenraum (5a) ein Dielektrikum bis zu der dem Innenraum (7a) zugewandten Oberfläche (61a) des zu lösenden Verbindungselements (61) geführt werden kann, um eine Spannung zwischen der Rohrelektrode (5) und dem zu lösenden Verbindungselement (61) zur Bewerkstelligung einer Funkenerosion zu bewirken,

15 dadurch gekennzeichnet, daß

der Rotationsantrieb (10) zur Rotation der Rohr-Elektrode auf einem linear beweglichen Zustellschlitten angeordnet ist und eine Positionier-Sensorik am Bohrkopf zur Bestimmung der Lage des
20 Bohrkopfes relativ zum Verbindungselement vorgesehen ist,

daß zumindest eine Videokamera mit einer zugehörigen Monitor-Einheit mit einer Bildverarbeitungs-Einheit zur Positionierung des Bohrkopfes und zur Kontrolle des chemisch-mechanischen Erodier-Prozesses vorgesehen ist,

25 daß die Prozesssteuerung (48) einen Laserabstands-Sensor in Verbindung mit einem Erodier-Steuergerät (40) zur Kontrolle der Position des Bohrkopfes (4) relativ zur Verbinder-Oberfläche (S) über die Position des Zustell-Schlittens (18) sowie zur Kontrolle der an das Energiegerät (30) gesendeten Signale zur Bestimmung der Impulslängen, der durchschnittlichen Amplitudenhöhen und
30 Amplituden-Maxima sowie die Impulspausen des Erodier-Stroms.

2. Funken-Erodieranlage zum Entfernen von Verbindungselementen nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mittels eines Spülkäfigs (7) und einer Dichtung (63) der Raum (7a)
35 um die Oberfläche des zu bearbeitenden Verbindungselements (V, 61) gegen den Austritt von Dielektrikum abgedichtet ist und ein Bereich um die zu bearbeitende Oberfläche (S) des Verbindungs-

elements auf der Seite der Rohrelektrode (15) und ein Teil der Rohrelektrode (15) mit Dielektrikum umspült werden kann.

- 5 3. Funken-Erodieranlage zum Entfernen von Verbindungselementen nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Positionier-Anlage (1) und am Bohrkopf (4) eine Sensorik (7) zur Positionierung des Bohrkopfes (4) relativ zum Verbindungselement (V, 61) vorgesehen ist.

10

4. Funken-Erodieranlage zum Entfernen von Verbindungselementen nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Erodier-Steuereinheit (40) vorgesehen ist, die zusammen mit der Sensorik (7) die Kontrolle des Erodier-Prozesses erlaubt.

15

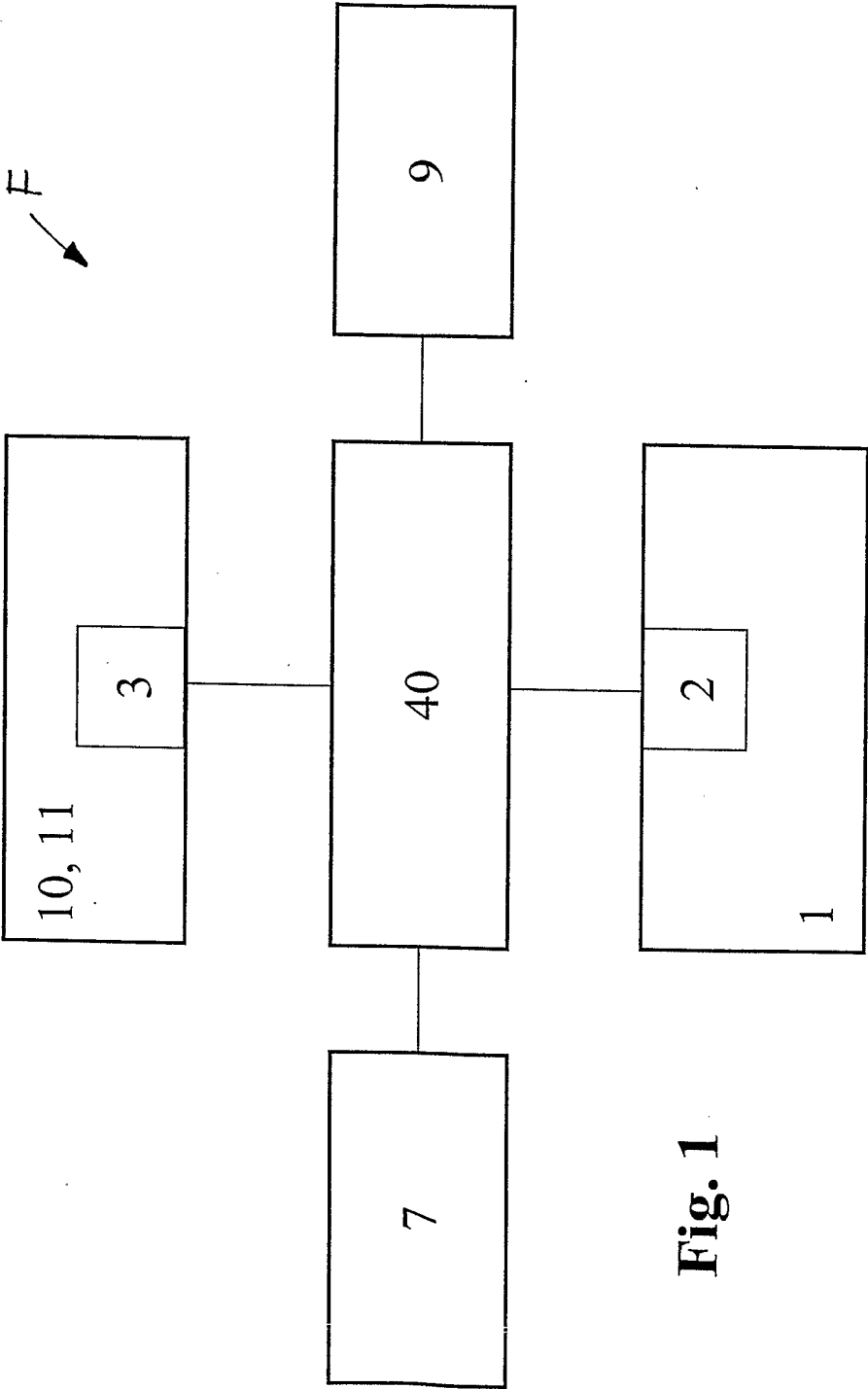


Fig. 1

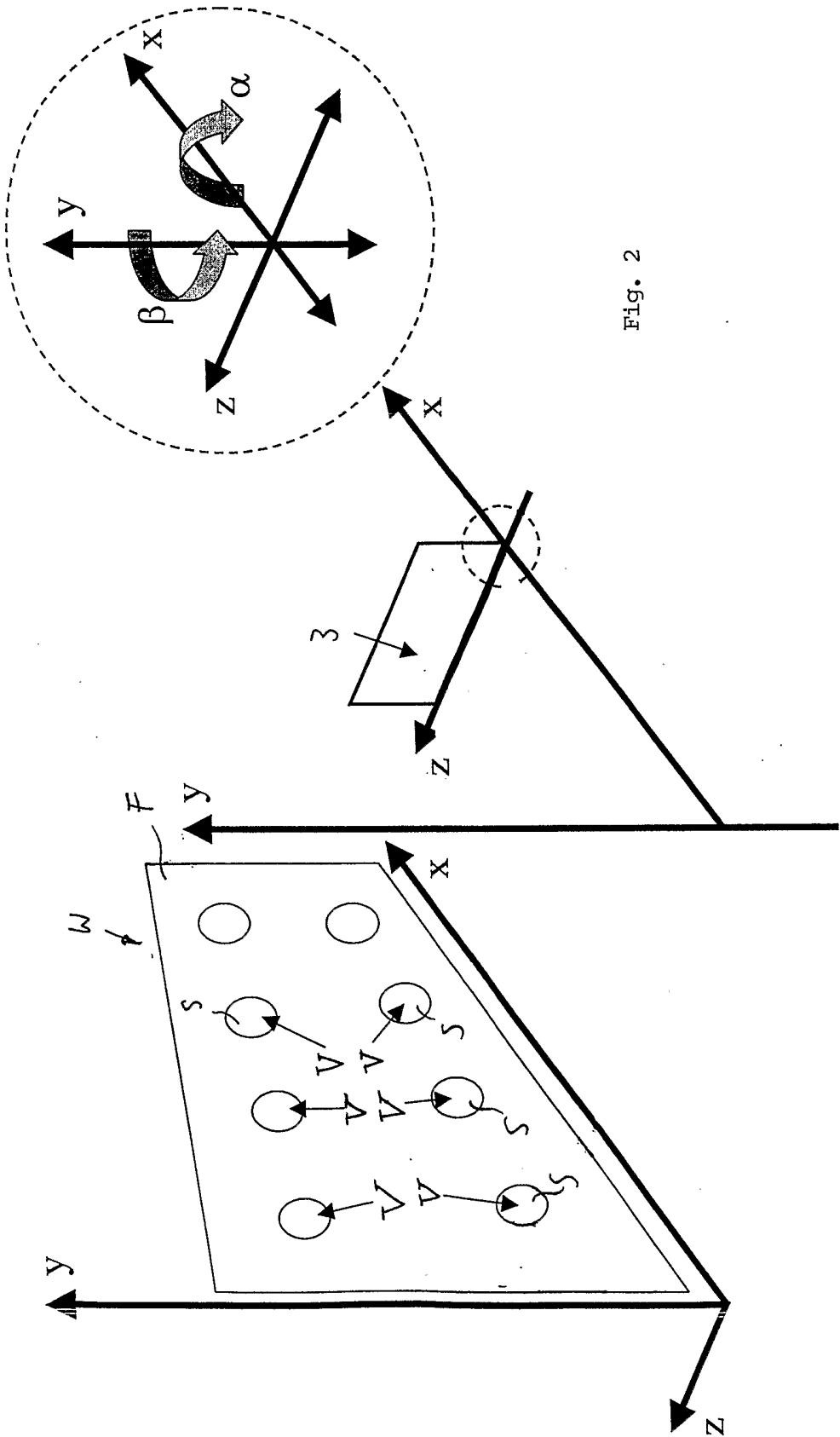


Fig. 2

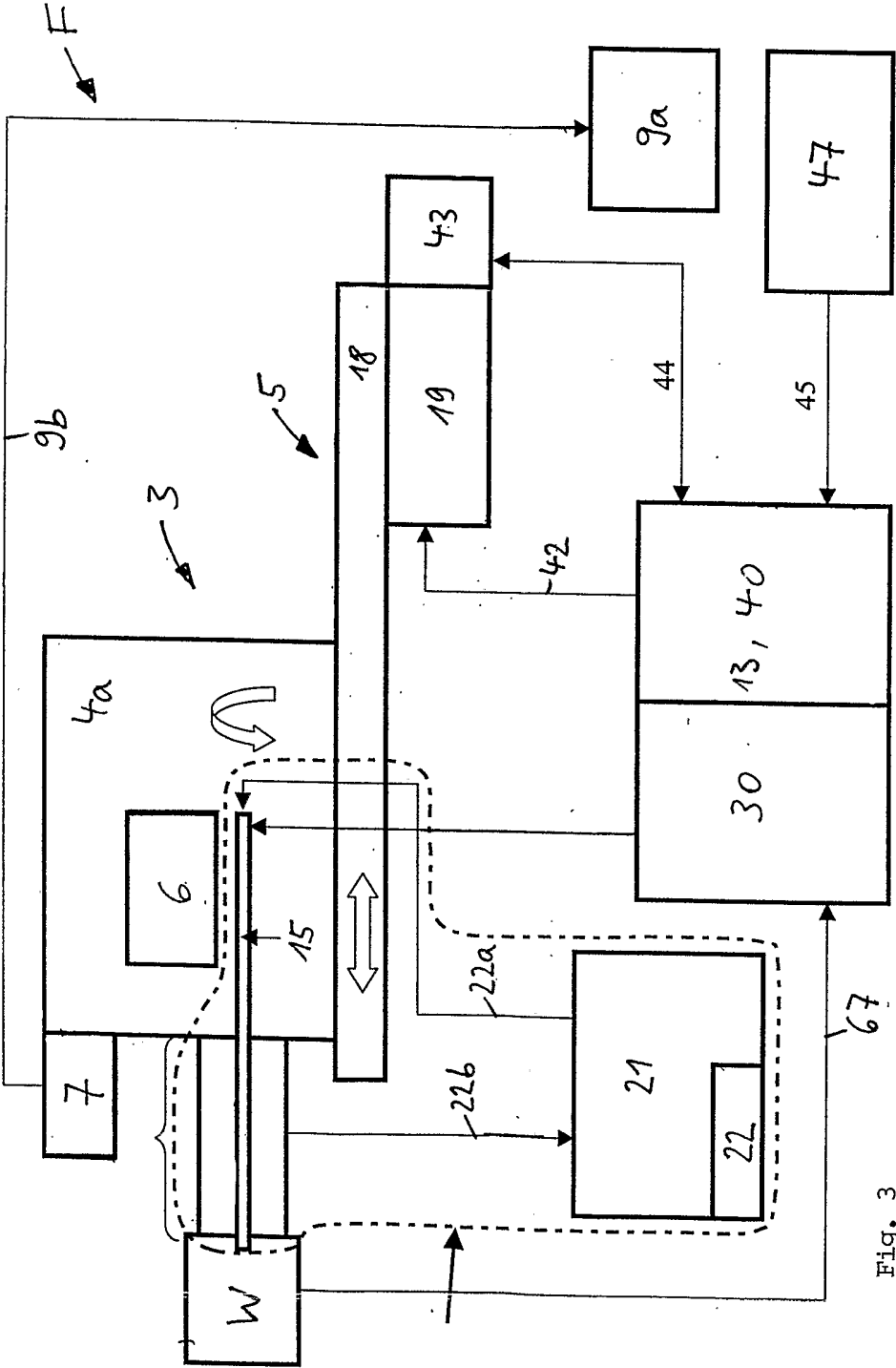


Fig. 3

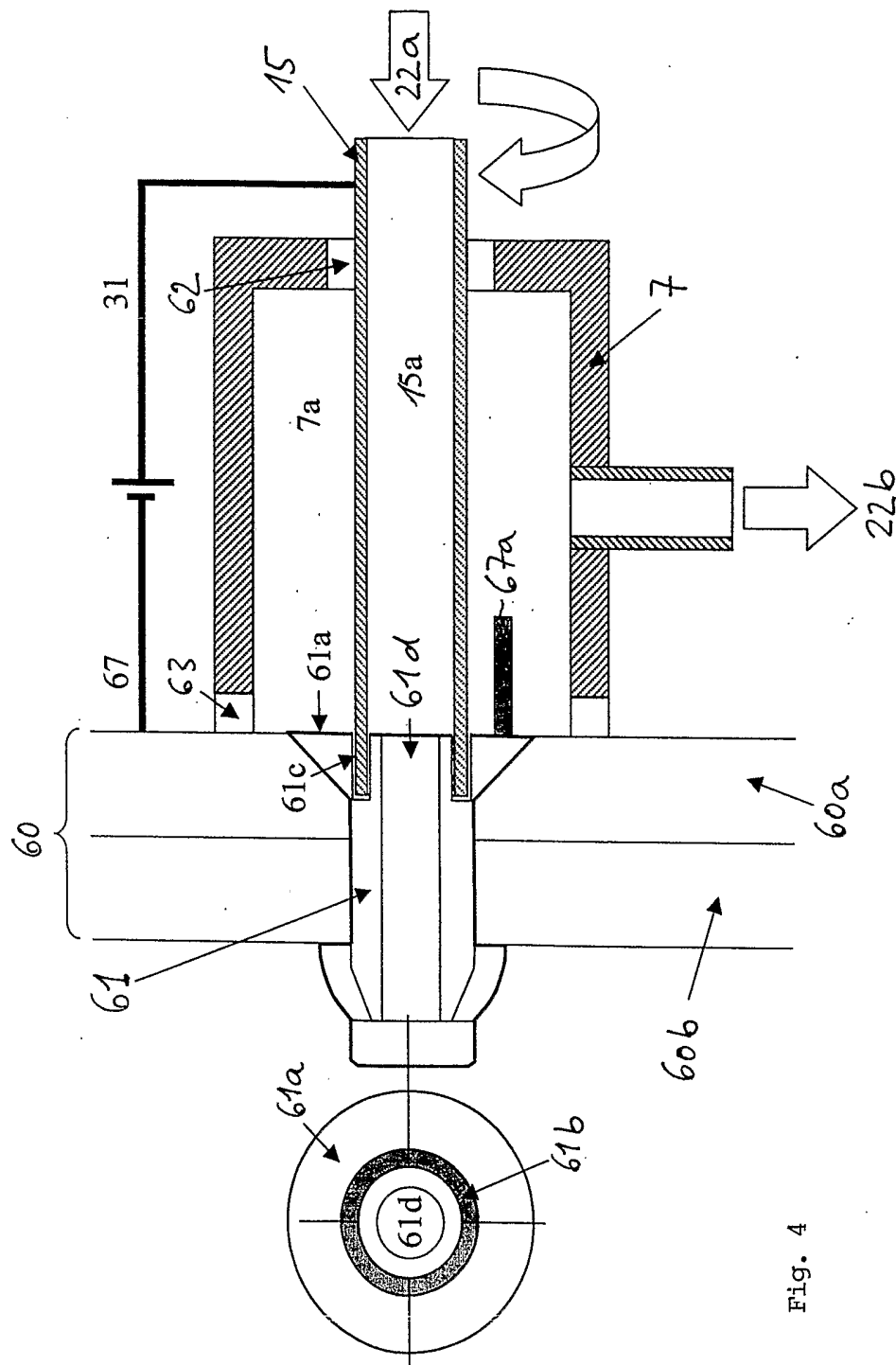


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 02/02670

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B23H9/00 B21J15/50 B23H9/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B23H B21J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 464 264 A (COMBUSTION ENG) 8 January 1992 (1992-01-08) column 1, line 28 -column 2, line 30 abstract; figures	1-4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 15, 6 April 2001 (2001-04-06) & JP 2000 343334 A (AMADA CO LTD), 12 December 2000 (2000-12-12) abstract	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 January 2003

Date of mailing of the international search report

20/01/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Haegeman, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 02/02670

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0464264	A	08-01-1992	US 5225645 A 06-07-1993
		DE 69006020 D1 24-02-1994	
		DE 69006020 T2 07-07-1994	
		EP 0464264 A2 08-01-1992	
		ES 2051453 T3 16-06-1994	
JP 2000343334	A	12-12-2000	NONE

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationale Aktenzeichen

PCT/DE 02/02670

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B23H9/00 B21J15/50 B23H9/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B23H B21J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 464 264 A (COMBUSTION ENG) 8. Januar 1992 (1992-01-08) Spalte 1, Zeile 28 - Spalte 2, Zeile 30 Zusammenfassung; Abbildungen ----	1-4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 15, 6. April 2001 (2001-04-06) & JP 2000 343334 A (AMADA CO LTD), 12. Dezember 2000 (2000-12-12) Zusammenfassung -----	1-4



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

^o Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. Januar 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

20/01/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Haegeman, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/02670

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0464264 A	08-01-1992	US 5225645 A	06-07-1993
		DE 69006020 D1	24-02-1994
		DE 69006020 T2	07-07-1994
		EP 0464264 A2	08-01-1992
		ES 2051453 T3	16-06-1994
JP 2000343334 A	12-12-2000	KEINE	