(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2017 005 989 B4** 2025.05.22

(12) # Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2017 005 989.5**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2017/037433**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2018/096837**
(86) PCT-Anmeldetag: **17.10.2017**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **31.05.2018**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **08.08.2019**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **22.05.2025**

(51) Int Cl.: ***B23H 1/00*** (2006.01)
B23H 9/10 (2006.01)
F01D 25/00 (2006.01)
F02C 7/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2016-228780 **25.11.2016** **JP**

(73) Patentinhaber:
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Henkel & Partner mbB Patentanwaltskanzlei, Rechtsanwaltskanzlei, 80333 München, DE

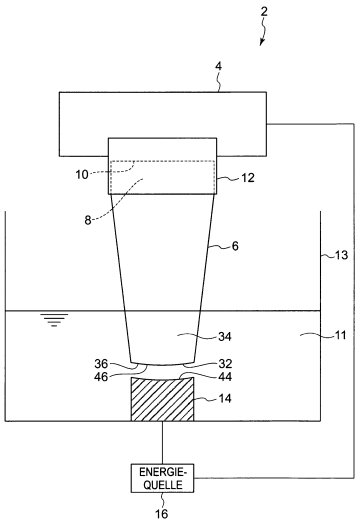
(72) Erfinder:
Hashimoto, Takuro, Yokohama-shi, Kanagawa-ken, JP; Akagi, Koichi, Yokohama-shi, Kanagawa, JP; Fujita, Naoya, Yokohama-shi, Kanagawa, JP; Ogata, Takanobu, Yokohama-shi, Kanagawa, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	**40 12 878**	**A1**
DE	**197 06 220**	**A1**
DE	**695 00 808**	**T2**
FR	**2 951 101**	**A1**
JP	**2010- 274 412**	**A**
JP	**S55- 48 539**	**A**

(54) Bezeichnung: **FUNKENERODIERVERFAHREN UND FUNKENERODIERVORRICHTUNG**

(57) Hauptanspruch: Ein Funkenerodierverfahren mit:
einem Schritt eines Einpassens eines Fußabschnitts (8) einer Schaufel (6) in eine Schaufelnut (10) eines Schaufelhalters (12) und eines Anbringens der Schaufel (6) an einer Zufuhreinheit (4) einer Funkenerodieranlage (2) über den Schaufelhalter (12);
einem Schritt eines selektiven Eintauchens nur eines Abschnitts (34) der Schaufel (6) in einer Funkenerodierflüssigkeit (11), indem die Schaufel (6) durch die Zufuhreinheit (4) zu der Elektrode (14) bewegt wird, sodass eine Oberfläche einer Schaufelspitze (36) der Schaufel (6), die in dem Abschnitt (34) der Schaufel (6) enthalten ist, einer Elektrode (14) gegenüberliegt, die in der Funkenerodierflüssigkeit (11) eingetaucht ist, und
einem Schritt eines Anwendens eines Funkenerodierens auf die Oberfläche der Schaufelspitze (36) durch Anlegen einer Spannung zwischen der Elektrode (14) und der Schaufel (6) in einem Zustand, in dem der Abschnitt (34) der Schaufel (6) in der Funkenerodierflüssigkeit (11) selektiv eingetaucht ist.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf ein Funkenerodierverfahren und eine Funkenerodiervorrichtung.

TECHNISCHER HINTERGRUND

[0002] Üblicherweise kann eine Schleifvorrichtung oder eine Poliervorrichtung zum Bearbeiten eines Werkstücks verwendet werden, das ein zu bearbeitendes Objekt ist. Zum Beispiel wird jede Außenendoberfläche von Schaufeln, die in Rotationsmaschinen wie beispielsweise Gasturbinen und Verdichtern verwendet werden, normalerweise durch Schleifen einer Oberfläche einer Schaufelspitze mit einem Schleifmaterial wie beispielsweise Sandpapier bearbeitet.

[0003] Jedoch neigt eine Bearbeitungsgenauigkeit dazu, niedrig zu sein, wenn die Schleifvorrichtung und die Poliervorrichtung verwendet werden. Ferner ist es notwendig, einen anderen Teil als die Außenendoberflächen der Schaufeln nachzubehandeln (engl.: „cure“), sodass die Schaufeln vor dem abgetrennten, durch Schleifen erzeugten Pulver geschützt werden, was eine große Arbeitszeitmenge benötigt.

[0004] Patendokument 1 offenbart ein Verfahren zum Bearbeiten einer Schaufelform einer Turbinenschaufel als ein Werkstück unter Verwendung keiner Schleifvorrichtung und keiner Poliervorrichtung, sondern einer Funkenerodiervorrichtung. Bei dem im Patentdokument 1 beschriebenen Bearbeitungsverfahren ist ein Paar von Elektroden in einer Funkenerodierflüssigkeit befestigt, und danach wird die Turbinenschaufel in einer Horizontalrichtung zwischen den Elektroden bewegt, um das Funkenerodieren auszuführen.

[0005] Patentdokument 2 offenbart, dass ein Mehrfachbearbeitungsgerät eine mechanische Elektrodenbearbeitungseinrichtung umfasst zur Bearbeitung eines festgehaltenen Elektrodenmaterials mit einem mit einer Spindel verbundenen Schneidewerkzeug zu einer Elektrode mit einer vorbestimmten Konfiguration in solcher Weise, dass das Elektrodenmaterial in einer Bearbeitungslösung eingetaucht ist; eine Teile-Austauscheinrichtung für den Austausch des mit der Spindel verbundenen Schneidewerkzeuges nach der Bildung der Elektrode gegen ein zu bearbeitendes Werkstück; und eine Werkstückbearbeitungseinrichtung zur Bearbeitung des Werkstückes mit der Elektrode in der Bearbeitungslösung durch elektrische Entladung, nachdem das Schneidewerkzeug das Werkstück ausgetauscht worden ist.

[0006] Patentdokument 3 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung für die Bearbeitung der vorderen und hinteren Oberflächen eines Werkstücks, das dünnwandige Teile aufweist, mittels elektrischer Entladung über Elektroden, wobei die vorderen und hinteren Oberflächen des Werkstücks gleichzeitig bearbeitet werden, indem das Werkstück auf einem angepassten bewegbaren Tisch befestigt wird, der zwei Elektroden, welche Oberflächen aufweisen, die den Oberflächen entsprechen, die aus dem Werkstück herausgearbeitet werden, dergestalt unterstützt, dass sie den Oberflächen des Werkstücks, die auf solch eine Art bearbeitet werden, gegenüberliegen, und dass sie bezüglich der Oberflächen des Werkstücks, die bearbeitet werden, verschiebbar sind, und indem die zwei Elektroden so gesteuert werden, dass die zwei Elektroden im Gleichauf miteinander mit einer im wesentlichen gleichen Vorschubgeschwindigkeit pro Zeiteinheit eng an das Werkstück herangeführt werden.

[0007] Patentdokument 4 offenbart Verfahren zum Ausbilden gestalteter Passagen in einem Gegenstand und insbesondere Verfahren zum Ausbilden von Passagen mit zwei oder mehr Bereichen, für die jeweils ein separater Passagenausbildungsschritt erforderlich ist.

[0008] Patentdokument 5 offenbart eine Elektrodenanordnung zur elektrochemischen Bearbeitung eines Gegenstandes, wie etwa einer flügelförmigen Schaufel für eine Turbomaschine.

[0009] Patentdokument 6 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bohren eines mechanischen Teils, insbesondere einer Schaufel eines Kompressors oder einer Hochdruckturbine einer Turbomaschine.

Zitatliste

Patentliteratur

Patentdokument 1: JP 2010-274412 A

Patentdokument 2: DE 40 12 878 A1

Patentdokument 3: DE 197 06 220 A1

Patentdokument 4: DE 695 00 808 T2

Patentdokument 5: JP S55- 48 539 A

Patentdokument 6: FR 2 951 101 A1

ZUSAMMENFASSUNG

Zu lösende Probleme

[0010] Bei dem im Patentdokument 1 beschriebenen Bearbeitungsverfahren wird Funkenerodieren in einem Zustand ausgeführt, bei dem das gesamte Werkstück in der Funkenerodierflüssigkeit einge-

taucht wird. Somit erfordert es viel Zeit und Kosten, um das Werkstück nach dem Funkenerodieren zu reinigen.

[0011] Zumindest eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wurde hinsichtlich des obigen typischen Problems gemacht und eine Aufgabe ist es, ein Funkenerodierverfahren und eine Funkenerodiervorrichtung vorzusehen, die im Stande sind, Zeit und Kosten zu reduzieren, die für den Reinigungsvorgang des Werkstücks nach dem Funkenerodieren benötigt werden.

Lösung zu den Problemen

[0012] (1) Ein Funkenerodierverfahren gemäß zumindest einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst:

einen Schritt eines selektiven Eintauchens nur eines Abschnitts des Werkstücks in einer Funkenerodierflüssigkeit, sodass ein Bearbeitungsobjektabschnitt, der in dem Abschnitt des Werkstücks enthalten ist, einer Elektrode gegenüberliegt, die in der Funkenerodierflüssigkeit eingetaucht ist, und

einen Schritt eines Anwendens eines Funkenerodierens auf den Bearbeitungsobjektabschnitt durch Anlegen einer Spannung zwischen der Elektrode und dem Werkstück in einem Zustand, in dem der Abschnitt des Werkstücks in der Funkenerodierflüssigkeit selektiv eingetaucht ist, wobei der Abschnitt den Bearbeitungsobjektabschnitt umfasst.

[0013] Gemäß dem oben unter (1) beschriebenen Funkenerodierverfahren können Zeit und Kosten reduziert werden, die für den Reinigungsvorgang des Werkstücks nach dem Funkenerodieren benötigt werden, da das Funkenerodieren in einem Zustand ausgeführt wird, in dem nur der Abschnitt des Werkstücks, das den Bearbeitungsobjektabschnitt enthält, selektiv in die Funkenerodierflüssigkeit eingetaucht wird. Oben unter (1) bedeutet der Ausdruck „selektives Eintauchen nur eines Abschnitts eines Werkstücks, das einen Bearbeitungsobjektabschnitt enthält, in einer Funkenerodierflüssigkeit," ein Eintauchen des den Bearbeitungsobjektabschnitt des Werkstücks enthaltenden Abschnitts in der Funkenerodierflüssigkeit und nicht ein Eintauchen von anderen Abschnitten anders als den den Bearbeitungsobjektabschnitt des Werkstücks enthaltenden Abschnitt in der Funkenerodierflüssigkeit.

[0014] (2) Bei einigen Ausführungsformen des oben unter (1) beschriebenen Funkenerodierverfahrens umfasst das Verfahren ferner einen Schritt eines Anbringens des Werkstücks an einer Zufuhreinheit einer Funkenerodieranlage, bei dem in dem Schritt des Eintauchens in der Funkenerodierflüssigkeit das Werkstück sich durch die Zufuhreinheit zu der Elektrode bewegt, während die Elektrode stationär gehalten wird.

[0015] Gemäß dem oben unter (2) beschriebenen Funkenerodierverfahren, welches sich von dem typischen Funkenerodierverfahren unterscheidet, wird das Werkstück anstatt der Elektrode an der Zufuhreinheit der Funkenerodieranlage so befestigt, dass das Werkstück im Stande ist, sich zu bewegen. Danach kann die Funkenerodieranlage in einem Zustand einfach realisiert werden, in dem nur der Abschnitt des Werkstücks selektiv in der Funkenerodierflüssigkeit eingetaucht wird. Demgemäß können wie oben unter (1) beschrieben Zeit und Kosten reduziert werden, die für den Reinigungsvorgang des Werkstücks nach dem Funkenerodieren benötigt werden.

[0016] (3) Bei einigen Ausführungsformen des oben unter (1) oder (2) beschriebenen Funkenerodierverfahrens bewegt sich in dem Schritt des Eintauchens das Werkstück durch die Zufuhreinheit zu der Elektrode von oberhalb der Elektrode zu der Elektrode, sodass eine untere Oberfläche des Bearbeitungsobjektabschnitts des Werkstücks einer oberen Oberfläche der Elektrode gegenüberliegt.

[0017] Gemäß dem oben unter (3) beschriebenen Funkenerodierverfahren kann der Bearbeitungsobjektabschnitt des Werkstücks einfach der Elektrode gegenüberliegen. Danach kann die Funkenerodieranlage in einem Zustand einfach realisiert werden, in dem nur der Abschnitt des Werkstücks selektiv in der Funkenerodierflüssigkeit eingetaucht wird. Demgemäß können, wie oben unter (1) beschrieben, Zeit und Kosten reduziert werden, die für den Reinigungsvorgang des Werkstücks nach dem Funkenerodieren benötigt werden.

[0018] (4) Bei einigen Ausführungsformen des oben in einem von (1) bis (3) beschriebenen Funkenerodierverfahrens wird das Funkenerodieren an einer Schaufelendoberfläche als Bearbeitungsobjektabschnitt einer Schaufel als Werkstück in dem Schritt des Anwendens des Funkenerodierens auf den Bearbeitungsobjektabschnitt ausgeführt.

[0019] Zum Beispiel werden die Außenendoberflächen von Schaufeln, die in Rotationsmaschinen wie beispielsweise Gasturbinen oder Verdichtern verwendet werden, normalerweise durch Schleifen der Oberfläche der Schaufelspitze mit einem Schleifmaterial wie beispielsweise Sandpapier bearbeitet. Zu diesem Zeitpunkt ist es notwendig, einen anderen Abschnitt als die Außenendoberflächen der Schaufeln nachzubehandeln, sodass die Schaufeln vom abgetrennten und durch Schleifen erzeugten Pulver geschützt sind, was eine große Arbeitszeitmenge benötigt.

[0020] Gemäß dem oben unter (4) beschriebenen Funkenerodierverfahren benötigt das Anwenden des Funkenerodierens auf die Oberfläche der Schaufelspitze der gewünschten Form nicht den Nachbehandlungsarbeitsvorgang, der zum Ausführen des Schleifvorgang benötigt wird, welcher ein typisches Bearbeitungsverfahren für die Oberfläche der Schaufelspitze ist. Somit können Zeit und Kosten reduziert werden, die zum Bearbeiten der Oberfläche der Schaufelspitze benötigt werden. Ferner können wie oben unter (1) beschrieben, da der Abschnitt begrenzt werden kann, der in der Funkenerodierflüssigkeit während dem Funkenerodieren durch Ausführen des Funkenerodierens in einem Zustand eingetaucht wird, in dem der Abschnitt der Schaufel, welcher die Oberfläche der Schaufelspitze enthält, selektiv in der Funkenerodierflüssigkeit eingetaucht wird, Zeit und Kosten reduziert werden, die für den Reinigungsvorgang der Schaufel nach dem Funkenerodieren benötigt werden.

[0021] (5) Bei einigen Ausführungsformen des oben unter (4) beschriebenen Funkenerodierverfahrens wird in dem Schritt des Eintauchens in der Funkenerodierflüssigkeit nur ein Abschnitt der Schaufel an einer Außenendseite relativ zu einem Fußabschnitt in der Funkenerodierflüssigkeit eingetaucht.

[0022] Gemäß dem oben unter (5) beschriebenen Funkenerodierverfahren beseitigt zum Beispiel das fehlende Eintauchen des Fußabschnitts in der Funkenerodierflüssigkeit die Notwendigkeit einer Reinigung des Fußabschnitts, wenn eine Beschichtung auf eine Anlagefläche des Fußabschnitts der Schaufel zum Zweck eines Verhinderns eines Festfressens (engl.: „seizure“) angewandt wird.

[0023] Bei einer Ausführungsform kann, wenn das Werkstück eine Gasturbinenschaufel ist, das Funkenerodieren an der Außenendoberfläche der Gasturbinenschaufel ausgeführt werden, während nur der Außenendabschnitt der Gasturbinenschaufel in der Funkenerodierflüssigkeit eingetaucht wird, sodass die Funkenerodierflüssigkeit am Eintreten in ein Kühlloch nicht gehindert wird, das an einem Schaufelprofil oder einer Plattform der Gasturbinenschaufeln vorgesehen ist.

[0024] (6) Bei einigen Ausführungsformen ist die Schaufel eine Rotorschaufel in einer Stromabstufe eines Verdichters einer Gasturbine.

[0025] Gemäß dem oben unter (6) beschriebenen Funkenerodierverfahren kann das Werkstück (die Schaufel) an der Zufuhreinheit der Funkenerodieranlage angebracht werden, während die Bedingungen erfüllt werden, die durch Spezifikationen des Funkenerodierens verursacht werden, da die Verdichterrotorschaufel in der Stromabstufe, welche vergleichsweise leichtgewichtig ist, als Bearbeitungsobjekt verwendet wird. Ferner ist das Werkstück (die Schaufel) an der Zufuhreinheit der Funkenerodieranlage angebracht, wodurch das Funkenerodieren in einem Zustand einfach realisiert werden kann, in dem nur der Abschnitt des Werkstücks selektiv in der Funkenerodierflüssigkeit eingetaucht wird.

[0026] (7) Bei einigen Ausführungsformen des oben in einem von (4) bis (6) beschriebenen Funkenerodierverfahrens umfasst das Verfahren einen Schritt eines Einpassens eines Fußabschnitts der Schaufel in eine Schaufelnut eines Schaufelhalters und eines Anbringens der Schaufel an einer Zufuhreinheit einer Funkenerodieranlage über den Schaufelhalter, bei dem in dem Schritt des Eintauchens in der Funkenerodierflüssigkeit die Schaufel sich durch die Zufuhreinheit zu der Elektrode bewegt, während die Elektrode stationär gehalten wird.

[0027] Gemäß dem oben unter (7) beschriebenen Funkenerodierverfahren, welches sich von dem typischen Funkenerodierverfahren unterscheidet, ist die Schaufel (das Werkstück) anstatt der Elektrode an der Zufuhreinheit der Funkenerodieranlage angebracht, sodass die Schaufel im Stande ist, sich zu bewegen. Danach kann das Funkenerodieren in einem Zustand einfach realisiert werden, in dem nur der Abschnitt der Schaufel selektiv in der Funkenerodierflüssigkeit eingetaucht wird. Demgemäß können, wie oben unter (1) beschrieben, Zeit und Kosten reduziert werden, die für den Reinigungsvorgang der Schaufel nach dem Funkenerodieren benötigt werden.

[0028] (8) Bei einigen Ausführungsformen des oben unter (7) beschriebenen Funkenerodierverfahrens umfasst das Verfahren ferner einen Schritt eines Drückens der Schaufel durch ein Bezugsteil, das an dem Schaufelhalter vorgesehen ist, sodass eine Anlagefläche des Fußabschnitts eine Wandoberfläche der Schaufelnut berührt.

[0029] Gemäß dem oben unter (8) beschriebenen Funkenerodierverfahren wird die Anlagefläche des Fußabschnitts mit der Wandoberfläche der Schaufelnut in Berührung gebracht, wonach die Schaufel relativ zu dem Schaufelhalter hin bezüglich zumindest der Schaufelhöhenrichtung positioniert werden kann. Demgemäß kann eine Genauigkeit des Funkenerodierens verbessert werden.

[0030] Ferner erstreckt sich eine typische Schaufelanlagefläche relativ zu der Schaufelhöhenrichtung schräg. Wie oben beschrieben wird die Schaufel nicht bezüglich nur der Schaufelhöhenrichtung positioniert, sondern auch bezüglich einer Breitenrichtung des Schaufelfußabschnitts, wenn die Anlagefläche des Fußabschnitts mit der Wandoberfläche der Schaufelnut in Berührung gebracht wird. Demgemäß

kann die Genauigkeit des Funkenerodierens verbessert werden.

[0031] (9) Bei einigen Ausführungsformen des oben unter (7) oder (8) beschriebenen Funkenerodierverfahrens umfasst das Verfahren ferner einen Schritt eines Bringens einer Endfläche des Fußabschnitts der Schaufel in einer Verlängerungsrichtung der Schaufelnut in Berührung mit einem Bezugsblock, der in die Schaufelnut eingesetzt ist.

[0032] Gemäß dem oben unter (9) beschriebenen Funkenerodierverfahren wird die eine Endfläche des Fußabschnitts der Schaufel mit dem Bezugsblock in Berührung gebracht, wodurch die Schaufel bezüglich der Verlängerungsrichtung der Schaufelnut positioniert werden kann. Demgemäß kann die Genauigkeit des Funkenerodierens verbessert werden.

[0033] (10) Eine Funkenerodiervorrichtung für eine Schaufel gemäß zumindest einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst: eine Zufuhreinheit, einen Schaufelhalter, der an der Zufuhreinheit angebracht ist und eine Schaufelnut hat, in die ein Fußabschnitt der Schaufel einpassbar ist, eine Elektrode, die in einer Funkenerodierflüssigkeit eingetaucht ist, und eine Energiequelle zum Anlegen einer Spannung zwischen der Schaufel und der Elektrode.

[0034] Gemäß der oben unter (10) beschriebenen Funkenerodiervorrichtung kann das Funkenerodieren in einem Zustand ausgeführt werden, in dem nur die Außenendseite der Schaufel in der Funkenerodierflüssigkeit eingetaucht ist. Somit können Zeit und Kosten reduziert werden, die für den Reinigungsvorgang der Schaufel nach dem Funkenerodieren benötigt werden.

[0035] (11) Bei einigen Ausführungsformen der oben unter (10) beschriebenen Funkenerodiervorrichtung umfasst der Schaufelhalter ein Bezugsteil zum Drücken der Schaufel zu einer Wandoberfläche der Schaufelnut, sodass eine Anlagefläche des Fußabschnitts in Berührung mit der Wandoberfläche gebracht wird.

[0036] Gemäß der oben unter (11) beschriebenen Funkenerodiervorrichtung wird die Anlagefläche des Fußabschnitts mit der Wandoberfläche der Schaufelnut in Berührung gebracht, wodurch die Schaufel relativ zu dem Schaufelhalter bezüglich zumindest der Schaufelhöhenrichtung positioniert werden kann. Demgemäß kann die Genauigkeit des Funkenerodierens verbessert werden.

[0037] Ferner erstreckt sich eine typische Schaufelanlagefläche relativ zu der Schaufelhöhenrichtung schräg. Wie oben beschrieben wird die Schaufel nicht nur bezüglich der Schaufelhöhenrichtung positioniert, sondern auch bezüglich einer Breitenrichtung des Schaufelnutabschnitts, wenn die Anlagefläche des Fußabschnitts mit der Wandoberfläche der Schaufelnut in Berührung gebracht wird. Demgemäß kann die Genauigkeit des Funkenerodierens verbessert werden.

[0038] (12) Bei einigen Ausführungsformen der oben unter (10) oder (11) beschriebenen Funkenerodiervorrichtung umfasst die Vorrichtung einen Bezugsblock, der ausgestaltet ist, um zumindest teilweise in die Schaufelnut des Schaufelhalters eingesetzt zu werden, sodass eine Endfläche des Fußabschnitts der Schaufel in einer Verlängerungsrichtung der Schaufelnut mit dem Bezugsblock in Berührung gebracht wird.

[0039] Gemäß der oben unter (12) beschriebenen Funkenerodiervorrichtung wird die eine Endfläche des Fußabschnitts der Schaufel mit dem Bezugsblock in Berührung gebracht, wodurch die Schaufel bezüglich der Verlängerungsrichtung der Schaufelnut positioniert werden kann. Demgemäß kann die Genauigkeit des Funkenerodierens verbessert werden.

[0040] (13) Bei den Ausführungsformen der oben in einem von (10) bis (12) beschriebenen Funkenerodiervorrichtung umfasst eine obere Oberfläche der Elektrode eine gekrümmte konkave Oberflächenform.

[0041] Gemäß der oben unter (13) beschriebenen Funkenerodiervorrichtung wird das Funkenerodieren auf bzw. an der Oberfläche der Schaufelspitze in einem Zustand ausgeführt, in dem nur die Außenendseite der Schaufel in der Funkenerodierflüssigkeit eingetaucht wird, was ein Bearbeiten in einer gekrümmten konvexen Form erleichtert und Zeit und Kosten reduziert, die für den Reinigungsvorgang der Schaufel nach dem Funkenerodieren benötigt werden.

Vorteilhafte Effekte

[0042] Gemäß zumindest einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind ein Funkenerodierverfahren und eine Funkenerodiervorrichtung vorgesehen, die im Stande sind, Zeit und Kosten zu reduzieren, die für den Reinigungsvorgang des Werkstücks nachdem Funkenerodieren benötigt werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ABBILDUNGEN

Fig. 1 ist eine schematische Ansicht, die eine schematische Konfiguration einer Funkenerodiervorrichtung 2 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 2 ist eine perspektivische Ansicht, die eine Konfiguration einer Schaufel 6 darstellt.

Fig. 3 ist eine Ansicht eines Schaufelhalters 12 in einem Zustand, in dem ein Fußabschnitt 8 der Schaufel 6 in eine Schaufelnut 10 eingepasst ist, von einer Außenendseite der Schaufel 6 entlang einer Schaufelhöhenrichtung betrachtet.

Fig. 4 ist eine A-A Querschnittansicht aus **Fig.** 3.

Fig. 5 ist ein Flussdiagramm eines Beispiels eines Funkenerodierverfahrens.

Fig. 6 ist eine Darstellung zum Beschreiben eines Schritts eines Positionierens der Schaufel 6 in einer Verlängerungsrichtung der Schaufelnut.

Fig. 7 ist eine Darstellung zum Beschreiben eines Schritts des Positionierens der Schaufel 6 in einer Schaufelhöhenrichtung und einer Breitenrichtung.

Fig. 8 ist eine Darstellung zum Beschreiben eines Schritts eines Befestigens eines Schaufelhalters 12 an einer Zufuhreinheit.

Fig. 9 ist eine Darstellung zum Beschreiben eines Schritts eines Eintauchens eines Abschnitts 34 der Schaufel 6, welcher einen Bearbeitungsobjektabschnitt 32 enthält, in einer Funkenerodierflüssigkeit 11.

Fig. 10 ist eine Darstellung zum Beschreiben eines Schritts eines Aufbringens einer Spannung zwischen einer Elektrode 14 und der Schaufel 6.

Fig. 11 ist eine Darstellung zum Beschreiben eines Abschnitts 34 der Schaufel 6, welcher in der Funkenerodierflüssigkeit 11 eingetaucht wird, wenn die Schaufel 6 eine Turbinenschaufel ist.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0043] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nun im Detail mit Bezug zu den beigefügten Abbildungen beschrieben werden. Es ist jedoch beabsichtigt, dass, wenn nicht besonders bestimmt, Dimensionen, Materialien, Formen, relative Positionen und dergleichen von Bauteilen, die in den Ausführungsformen beschrieben sind, nur als Veranschaulichungen interpretiert werden sollen und es nicht beabsichtigt ist, den Umfang der vorliegenden Erfindung zu begrenzen.

[0044] Zum Beispiel soll ein Ausdruck von einer relativen oder absoluten Anordnung wie beispielsweise „in einer Richtung“, „entlang einer Richtung“, „parallel", „orthogonal“, „mittig“, „konzentrisch“ und „koaxial“ nicht als Hinweis ausgelegt werden, die Anordnungen nur in einem genauen wörtlichen Sinn auszulegen, sondern sie sollen auch einen Zustand umfassen, in dem die Anordnung relativ durch eine Toleranz oder durch einen Winkel oder einen Abstand versetzt ist, wobei dieselbe Funktion erreicht werden kann.

[0045] Zum Beispiel soll ein Ausdruck eines gleichen Zustands wie beispielsweise „selbig“ „gleich“ und „einheitlich“ nicht so ausgelegt werden, dass er nur auf den Zustand hinzuweist, in dem das Merkmal genau gleich ist, sondern soll auch einen Zustand umfassen, in dem es eine Toleranz oder eine Differenz gibt, die immer noch dieselbe Funktion erreichen kann.

[0046] Ferner soll beispielsweise ein Ausdruck einer Form wie beispielsweise eine rechteckige oder eine zylindrische Form nicht nur als die geometrisch genaue Form ausgelegt werden, sondern soll auch eine Form mit Unebenheiten oder abgeschrägten Ecken innerhalb des Bereichs umfassen, in dem der gleiche Effekt erreicht werden kann.

[0047] Auf der anderen Seite soll ein Ausdruck wie beispielsweise „umfassen“, „beinhalten“, „haben“, „enthalten“ und „bilden“ nicht exklusiv von anderen Bauteilen sein.

[0048] **Fig.** 1 ist eine schematische Ansicht, die eine schematische Konfiguration einer Funkenerodiervorrichtung 2 gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0049] Wie in **Fig.** 1 gezeigt umfasst die Funkenerodiervorrichtung 2 eine Zufuhreinheit 4, einen Schaufelhalter 12, der an der Zufuhreinheit 4 angebracht ist und eine Schaufelnut hat, in welcher ein Fußabschnitt 8 einer Schaufel 6 (Werkstück) einpassbar ist, einen Behälter 13, der eine Funkenerodierflüssigkeit 11 aufnimmt, eine Elektrode 14, die in der Funkenerodierflüssigkeit in dem Behälter 13 eingetaucht ist, und eine Energiequelle 16 zum Aufbringen einer Spannung zwischen der Schaufel 6 und der Elektrode 14. Die Schaufel 6 ist eine Schaufel, die an einem Rotor (nicht gezeigt) einer Rotationsmaschine wie beispielsweise einer Gasturbine oder einem Verdichter angebracht ist.

[0050] Die Zufuhreinheit 4 ist ausgestaltet, um den Schaufelhalter 12, der die Schaufel 6 hält, durch eine Antriebskraft eines Motors, welcher nicht gezeigt ist, in drei Axialrichtungen orthogonal zueinander zu bewegen.

[0051] Die Funkenerodierflüssigkeit 11 ist eine dielektrische Flüssigkeit, die eine Lücke zwischen der Schaufel 6 und der Elektrode 14 in der Funkenerodiervorrichtung 2 ausfüllt. Die Funkenerodierflüssigkeit 11 wirkt als ein Isolator, ionisiert sich, wenn eine Entladung auftritt, und funktioniert, um ein elektrisches Feld aufrecht zu erhalten, in dem Strom

fließt. Ferner dient die Funkenerodierflüssigkeit 11, die durch die Lücke strömt, dazu, Bearbeitungsabfall von der Lücke zu entfernen. Zum Beispiel wird bevorzugt als Hauptkomponente eine Flüssigkeit für die Funkenerodierflüssigkeit 11 verwendet, die Wasser enthält, das einen spezifischen Widerstand hat, der zwischen 1 bis 10 x 10000 Ωcm eingestellt ist, oder Öl, das einen extrem hohen spezifischen Widerstand hat.

[0052] Ein elektrisch hoch leitendes Material wie beispielsweise Grafit oder Kupfer wird bevorzugt für die Elektrode 14 verwendet. Ferner wird bevorzugt eine Impulsenergiequelle als die Energiequelle 16 verwendet. Die obere Oberfläche 44 der Elektrode 14 umfasst eine gekrümmte konkave Oberflächenform als invertierte Form der Zieloberfläche der Oberfläche der Schaufelspitze 36.

[0053] Als Nächstes wird die Konfiguration der Schaufel 6 und des Schaufelhalters 12 als Werkstück mit Bezug zu den **Fig.** 2 bis 4 beschrieben werden. **Fig.** 2 ist eine perspektivische Ansicht, die die Konfiguration der Schaufel 6 darstellt. **Fig.** 3 ist eine Ansicht des Schaufelhalters 12 in einem Zustand, in dem der Fußabschnitt 8 der Schaufel 6 in die Schaufelnut 10 eingepasst ist, von einer Außenendseite der Schaufel 6 entlang einer Schaufelhöhenrichtung betrachtet. **Fig.** 4 ist eine A-A Querschnittsansicht aus **Fig.** 3.

[0054] Bei einer Ausführungsform wie beispielsweise in **Fig.** 2 gezeigt umfasst die Schaufel 6 ein Schaufelprofil 28, das eine schaufelförmige Querschnittform hat, und den Fußabschnitt 8 zum Anbringen des Rotors, welcher nicht gezeigt ist. Der Fußabschnitt 8 hat eine Breite, die größer ist als eine Schaufeldicke des Schaufelprofils 28. Hierbei bezieht sich die „Breite“ auf eine Breite in einer Richtung, die orthogonal zu jeder von der Verlängerungsrichtung der Schaufelnut 10 und der Schaufelhöhenrichtung ist (nachfolgend als Breitenrichtung bezeichnet).

[0055] Bei einer Ausführungsform wie beispielsweise in **Fig.** 4 gezeigt umfasst der Schaufelhalter 12 einen Bolzen 22 als Bezugsteil zum Drücken der Schaufel 6 zu der Wandoberfläche 20, sodass die Anlagefläche 18 des Fußabschnitts 8 der Schaufel 6 mit der Wandoberfläche 20 der Schaufelnut 10 in Berührung gebracht wird. Die Anlagefläche 18 ist eine Oberfläche, die mit dem Rotor in Berührung kommt, welcher nicht gezeigt ist, wenn die Schaufel 6 an dem Rotor angebracht ist.

[0056] Ferner erstreckt sich, wie beispielsweise in **Fig.** 4 gezeigt, die Anlagefläche 18 der typischen Schaufel 6 bezüglich der Schaufelhöhenrichtung schräg. Somit wird die Schaufel 6 nicht nur bezüglich der Schaufelhöhenrichtung, sondern auch bezüglich der Breitenrichtung des Fußabschnitts 8 der Schaufel 6 positioniert, wie oben beschrieben, wenn die Anlagefläche 18 des Fußabschnitts 8 mit der Wandoberfläche 20 der Schaufelnut 10 in Berührung gebracht wird. Demgemäß kann die Genauigkeit des Funkenerodierens verbessert werden.

[0057] Ferner wird bei der in den Abbildungen gezeigten Ausführungsform ein Paar der Anlageflächen 18 in dem Fußabschnitt 8 ausgebildet. Das Paar von Anlageflächen 18 ist bezüglich der Schaufelhöhenrichtung so geneigt, dass das Intervall zwischen dem Paar von Anlageflächen 18 zu der Schaufelaußenendseite schmaler wird. Ferner wird ein Paar von Wandoberflächen 20, das mit dem Paar von Anlageflächen 18 in Berührung steht, in der Schaufelnut 10 ausgebildet. Das Paar von Wandoberflächen 20 ist bezüglich einer Tiefenrichtung der Schaufelnut 10 (Schaufelhöhenrichtung) so geneigt, dass das Intervall zwischen dem Paar von Wandoberflächen 20 zu einer Öffnungsseite der Schaufelnut 10 (Schaufelaußenendseite) schmaler wird.

[0058] Bei einer Ausführungsform, wie in den **Fig.** 3 und 4 gezeigt, umfasst die Funkenerodiervorrichtung 2 ferner einen Bezugsblock 26, der ausgestaltet ist, um zumindest teilweise in der Schaufelnut 10 des Schaufelhalters 12 eingesetzt zu sein, sodass eine Endfläche 24 des Fußabschnitts 8 der Schaufel 6 in der Verlängerungsrichtung der Schaufelnut 10 mit dem Bezugsblock 26 in Berührung gebracht wird. Bei der aufgezeigten illustrativen Ausführungsform ist der Bezugsblock 26 an dem Schaufelhalter 12 durch eine Vielzahl von Bolzen 30 befestigt.

[0059] Mit der obigen Konfiguration wird die eine Endfläche 24 des Fußabschnitts 8 der Schaufel 6 mit dem Bezugsblock 26 in Berührung gebracht, wonach die Schaufel 6 bezüglich der Verlängerungsrichtung der Schaufelnut 10 positioniert werden kann. Demgemäß kann die Genauigkeit des Funkenerodierens verbessert werden.

[0060] Als nächstes wird mit Bezug zu den **Fig.** 5 bis 10 ein Beispiel eines Funkenerodierverfahrens zum Bearbeiten der Schaufel 6 als Werkstück, das oben durch die Funkenerodiervorrichtung 2 beschrieben ist, beschrieben werden.

[0061] Zunächst wird in Schritt S1 wie in **Fig.** 6 gezeigt der Fußabschnitt 8 der Schaufel 6 in die Schaufelnut 10 des Schaufelhalters 12 eingesetzt und eine Endfläche 24 des Fußabschnitts 8 der Schaufel 6 in der Verlängerungsrichtung der Schaufelnut 10 wird mit dem Bezugsblock 26 in Berührung gebracht. Somit kann die Schaufel 6 relativ zu dem Schaufelhalter 12 bezüglich der Verlängerungsrichtung der Schaufelnut 10 positioniert werden.

[0062] Als nächstes wird in Schritt S2 wie in **Fig.** 7 gezeigt die Schaufel 6 durch den Bolzen 22, der in dem Schaufelhalter 12 vorgesehen ist, so gedrückt, dass die Anlagefläche 18 des Fußabschnitts 8 mit der Wandoberfläche 20 der Schaufelnut 10 in Berührung gebracht wird. Somit kann die Schaufel 6 relativ zu dem Schaufelhalter 12 bezüglich der Schaufelhöhenrichtung und der Breitenrichtung positioniert werden.

[0063] Als nächstes wird in Schritt S3 wie in **Fig.** 8 gezeigt die Schaufel 6 an die Zufuhreinheit 4 über den Schaufelhalter 12 durch Befestigen des Schaufelhalters 12 an die Zufuhreinheit 4 der Funkenerodiervorrichtung 2 angebracht.

[0064] Als nächstes wird in Schritt S4 wie in **Fig.** 9 gezeigt nur der Abschnitt 34 der Schaufel 6, welcher den Bearbeitungsobjektabschnitt 32 umfasst, selektiv in der Funkenerodierflüssigkeit 11 eingetaucht, sodass eine untere Oberfläche 46 (Oberfläche der Schaufelspitze 36 in der gezeigten Ausführungsform) des Bearbeitungsobjektabschnitts 32 von einer Schaufel 6 einer oberen Oberfläche 44 der Elektrode 14 gegenüberliegt, die in der Funkenerodierflüssigkeit 11 eingetaucht ist. Das heißt, in Schritt S4 bringt die Zufuhreinheit 4 die Schaufel 6 dazu, die Elektrode 14 von oberhalb der Elektrode so anzunähern, dass die untere Oberfläche 46 des Bearbeitungsobjektabschnitts 32 der Schaufel 6 der oberen Oberfläche 44 der Elektrode 14 gegenüberliegt, während die Elektrode 14 stationär gehalten wird. In dem illustrativen Beispiel wird nur der Abschnitt 34 der Außenendseite der Schaufel 6 relativ zu dem Fußabschnitt 8 in der Funkenerodierflüssigkeit eingetaucht.

[0065] Als nächstes wird in Schritt S5 wie in **Fig.** 10 gezeigt das Funkenerodieren an dem Bearbeitungsobjektabschnitt 32 durch Aufbringen der Spannung zwischen der Elektrode 14 und der Schaufel 6 in einem Zustand ausgeführt, in dem der Abschnitt 34 der Schaufel 6, der oben beschrieben ist, selektiv in der Funkenerodierflüssigkeit 11 eingetaucht wird. Bei dem illustrativen Beispiel wird das Funkenerodieren an der Oberfläche der Schaufelspitze 36 als Bearbeitungsobjektabschnitt 32 der Schaufel 6 ausgeführt. Demgemäß wird die Oberfläche der Schaufelspitze 36 in eine gekrümmte konvexe Form als invertierte Form korrespondierend zu einer gekrümmten konkaven Form der oberen Oberfläche 44 der Elektrode 14 bearbeitet.

[0066] Gemäß dem oben beschriebenen Funkenerodierverfahren wird das Funkenerodieren in einem Zustand ausgeführt, in dem nur der Abschnitt 34 der Schaufel 6, welcher den Bearbeitungsobjektabschnitt 32 umfasst, als Werkstück selektiv in der Funkenerodierflüssigkeit 11 eingetaucht wird, sodass Zeit und Kosten reduziert werden können, die für den Reinigungsvorgang der Schaufel 6 nach dem Funkenerodieren benötigt werden.

[0067] Ferner ist das Verfahren von den typischen Funkenerodierverfahren verschieden, wobei anstatt der Elektrode die Schaufel 6 an der Zufuhreinheit 4 der Funkenerodiervorrichtung 2 so angebracht ist, sodass die Schaufel 6 im Stande ist, sich zu bewegen. Danach kann das Funkenerodieren in einem Zustand einfach realisiert werden, in dem nur der oben beschriebene Abschnitt 34 der Schaufel 6 selektiv in der Funkenerodierflüssigkeit 11 eingetaucht wird. Demgemäß können Zeit und Kosten einfach reduziert werden, die für den Reinigungsvorgang der Schaufel 6 nach dem Funkenerodieren benötigt werden.

[0068] Ferner benötigt das Ausführen des Funkenerodierens an der Oberfläche der Schaufelspitze 36 der gewünschten Form als Bearbeitungsobjektabschnitt 32 nicht den oben beschriebenen Nachbehandlungsarbeitsvorgang, der zum Ausführen des Schleifvorgangs benötigt wird, welcher ein typisches Bearbeitungsverfahren für die Oberfläche der Schaufelspitze 36 ist. Somit können Zeit und Kosten reduziert werden, die zum Bearbeiten der Oberfläche der Schaufelspitze 36 benötigt werden.

[0069] Ferner ist, wenn eine Beschichtung an der Anlagenfläche 18 des Fußabschnitts 8 der Schaufel 6 zum Zwecke eines Verhinderns eines Festfressens angewandt ist, durch Verzicht auf das Eintauchen des Fußabschnitts 8 in die Funkenerodierflüssigkeit 11 ein Reinigen des Fußabschnitts 8 nicht notwendig.

[0070] Bei einer Ausführungsform kann die Schaufel 6 als Werkstück eine Rotorschaufel einer Stromabstufe eines Verdichters einer Gasturbine sein, welche nicht gezeigt ist.

[0071] In diesem Fall kann die Schaufel 6 an der Zufuhreinheit 4 der Funkenerodiervorrichtung 2 befestigt werden, während die Bedingungen erfüllt werden, die durch Spezifikationen der Funkenerodiervorrichtung 2 verursacht werden, da die Verdichterrotorschaufel der Stromabstufe, welche vergleichsweise leichtgewichtig ist, als das Verarbeitungsobjekt angewandt wird. Ferner wird die Schaufel 6 an der Zufuhreinheit 4 der Funkenerodiervorrichtung 2 angebracht, sodass das Funkenerodieren in einem Zustand einfach realisiert werden kann, in dem nur der Abschnitt 34 der Schaufel 6, welcher den Bearbeitungsobjektabschnitt 32 umfasst, selektiv in der Funkenerodierflüssigkeit 11 eingetaucht wird.

[0072] Bei einer Ausführungsform kann die Schaufel 6 als Werkstück eine Turbinenschaufel einer Gasturbine sein. In diesem Fall kann, wie in **Fig.** 11 gezeigt,

Funkenerodieren auf der Oberfläche der Schaufelspitze 36 ausgeführt werden, während nur der Außenendabschnitt der Schaufel 6 als Abschnitt 34, welcher den Bearbeitungsobjektabschnitt 32 umfasst, in der Funkenerodierflüssigkeit 11 so eingetaucht wird, dass die Funkenerodierflüssigkeit 11 am Eintreten in ein Kühlloch 42 nicht gehindert wird, das an dem Schaufelprofil 38 oder der Plattform 40 der Schaufel 6 vorgesehen ist.

[0073] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen begrenzt, sondern umfasst Ausführungsformen, die sich durch Variationen der oben beschriebenen Ausführungsformen bilden, und Ausführungsformen, die sich durch angemessene Kombinationen dieser Ausführungsformen bilden.

[0074] Zum Beispiel ist bei dem oben beschriebenen Funkenerodierverfahren die vorliegende Erfindung auf einen Fall eines Ausführens des Funkenerodierens an dem Bearbeitungsobjektabschnitt, der ein anderer ist als die Oberfläche der Schaufelspitze, anwendbar und ist bei einem Fall anwendbar, in dem das Funkenerodieren an dem Werkstück, das ein anderes ist als der Schaufel, ausgeführt wird, obwohl ein Fall, in dem das Funkenerodieren an der Oberfläche der Schaufelspitze 36 ausgeführt wird, als Beispiel beschrieben wird.

[0075] In einer Ausführungsform kann das Verfahren also umfassen: einen Schritt eines selektiven Eintauchens nur des Abschnitts von dem Werkstück, welcher den Bearbeitungsobjektabschnitt umfasst, in der Funkenerodierflüssigkeit, sodass der Bearbeitungsobjektabschnitt des Werkstücks der Elektrode gegenüberliegt, die in der Funkenerodierflüssigkeit eingetaucht ist, und einen Schritt eines Anwendens des Funkenerodierens auf den Bearbeitungsobjektabschnitt durch Aufbringen der Spannung zwischen der Elektrode und dem Werkstück in einem Zustand, in dem der Abschnitt des Werkstücks, welcher den Bearbeitungsobjektabschnitt umfasst, selektiv in der Funkenerodierflüssigkeit eingetaucht ist.

[0076] Auf diese Weise können Zeit und Kosten reduziert werden, die für den Reinigungsvorgang des Werkstücks nach dem Funkenerodieren benötigt werden, da das Funkenerodieren in einem Zustand ausgeführt wird, in dem nur der Abschnitt des Werkstücks, welcher dem Bearbeitungsobjektabschnitt enthält, selektiv in der Funkenerodierflüssigkeit eingetaucht ist.

Bezugszeichenliste

2	Funkenerodiervorrichtung
4	Zufuhreinheit
6	Schaufel
8	Fußabschnitt
10	Schaufelnut
11	Funkenerodierflüssigkeit
12	Schaufelhalter
13	Behälter
14	Elektrode
16	Energiequelle
18	Anlagefläche
20	Wandoberfläche
22	Bolzen
24	Endfläche
26	Bezugsblock
28	Schaufelprofil
32	Bearbeitungsobjektabschnitt
34	Abschnitt
36	Oberfläche der Schaufelspitze
38	Schaufelprofil
40	Plattform
42	Kühlloch
44	obere Oberfläche
46	untere Oberfläche

Patentansprüche

1. Ein Funkenerodierverfahren mit:
einem Schritt eines Einpassens eines Fußabschnitts (8) einer Schaufel (6) in eine Schaufelnut (10) eines Schaufelhalters (12) und eines Anbringens der Schaufel (6) an einer Zufuhreinheit (4) einer Funkenerodieranlage (2) über den Schaufelhalter (12);
einem Schritt eines selektiven Eintauchens nur eines Abschnitts (34) der Schaufel (6) in einer Funkenerodierflüssigkeit (11), indem die Schaufel (6) durch die Zufuhreinheit (4) zu der Elektrode (14) bewegt wird, sodass eine Oberfläche einer Schaufelspitze (36) der Schaufel (6), die in dem Abschnitt (34) der Schaufel (6) enthalten ist, einer Elektrode (14) gegenüberliegt, die in der Funkenerodierflüssigkeit (11) eingetaucht ist, und
einem Schritt eines Anwendens eines Funkenerodierens auf die Oberfläche der Schaufelspitze (36) durch Anlegen einer Spannung zwischen der Elektrode (14) und der Schaufel (6) in einem Zustand, in dem der Abschnitt (34) der Schaufel (6) in der Funkenerodierflüssigkeit (11) selektiv eingetaucht ist.

2. Das Funkenerodierverfahren gemäß Anspruch 1, wobei in dem Schritt des Eintauchens in der Funkenerodierflüssigkeit (11) die Schaufel (6) durch die Zufuhreinheit (4) zu der Elektrode (14)

bewegt wird, während die Elektrode (14) stationär gehalten wird.

3. Das Funkenerodierverfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei in dem Schritt des Eintauchens in der Funkenerodierflüssigkeit (11) die Schaufel (6) durch die Zufuhreinheit (4) von oberhalb der Elektrode (14) zu der Elektrode (14) bewegt wird, sodass die Oberfläche der Schaufelspitze (36) der Schaufel (6) einer oberen Oberfläche (44) der Elektrode (14) gegenüberliegt.

4. Das Funkenerodierverfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei in dem Schritt des Eintauchens in der Funkenerodierflüssigkeit (11) nur ein Abschnitt (34) der Schaufel (6) an eine Außenendseite relativ zu einem Fußabschnitt (8) in der Funkenerodierflüssigkeit (11) eingetaucht wird.

5. Das Funkenerodierverfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Schaufel (6) eine Schaufel (6) in einer Stromabstufe eines Verdichters einer Gasturbine ist.

6. Das Funkenerodierverfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, ferner mit einem Schritt eines Andrückens der Schaufel (6) durch ein Bezugsteil, das an dem Schaufelhalter (12) vorgesehen ist, sodass eine Anlagefläche (18) des Fußabschnitts (8) eine Wandoberfläche (20) der Schaufelnut (10) berührt.

7. Das Funkenerodierverfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, ferner mit einem Schritt eines Bringens einer Endfläche (24) des Fußabschnitts (8) der Schaufel (6) in einer Verlängerungsrichtung der Schaufelnut (10) in Berührung mit einem Bezugsblock (26), der in die Schaufelnut (10) eingesetzt ist.

8. Eine Funkenerodiervorrichtung (2) für eine Schaufel (6) mit:
einer Zufuhreinheit (4),
einem Schaufelhalter (12), der an der Zufuhreinheit (4) angebracht ist und eine Schaufelnut (10) hat, in die ein Fußabschnitt (8) der Schaufel (6) einpassbar ist,
einer Elektrode (14), die in einer Funkenerodierflüssigkeit (11) eingetaucht ist, und
einer Energiequelle (16) zum Anlegen einer Spannung zwischen der Schaufel (6) und der Elektrode (14),
wobei die Zufuhreinheit (4) konfiguriert ist, um die Schaufel (6) zu der Elektrode (14) zu bewegen, sodass eine Oberfläche einer Schaufelspitze (36) der Schaufel (6) der Elektrode (14) gegenüberliegt, die in der Funkenerodierflüssigkeit (11) eingetaucht ist.

9. Die Funkenerodiervorrichtung (2) gemäß Anspruch 8, wobei der Schaufelhalter (12) ein Bezugsteil zum Drücken der Schaufel (6) zu einer Wandoberfläche (20) der Schaufelnut (10) umfasst, sodass eine Anlagefläche (18) des Fußabschnitts (8) in Berührung mit der Wandoberfläche (20) gebracht wird.

10. Die Funkenerodiervorrichtung (2) gemäß Anspruch 8 oder 9, ferner mit einem Bezugsblock (26), der ausgestaltet ist, um zumindest teilweise in die Schaufelnut (10) des Schaufelhalters (12) eingesetzt zu werden, sodass eine Endfläche (24) des Fußabschnitts (8) der Schaufel (6) in einer Verlängerungsrichtung der Schaufelnut (10) mit dem Bezugsblock (26) in Berührung gebracht wird.

11. Die Funkenerodiervorrichtung (2) gemäß einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei eine obere Oberfläche (44) der Elektrode (14) eine gekrümmte konkave Oberflächenform umfasst.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

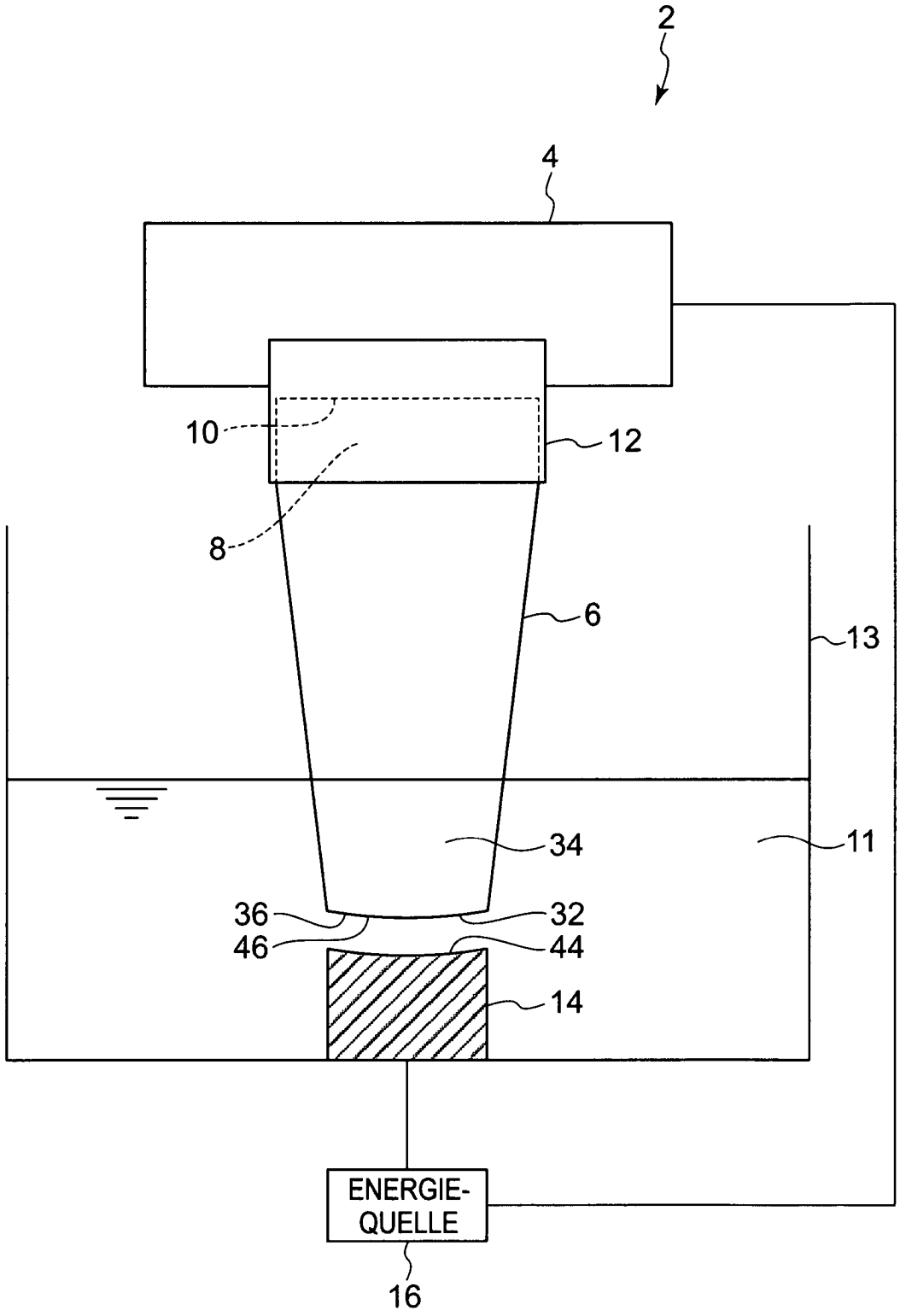


FIG. 2

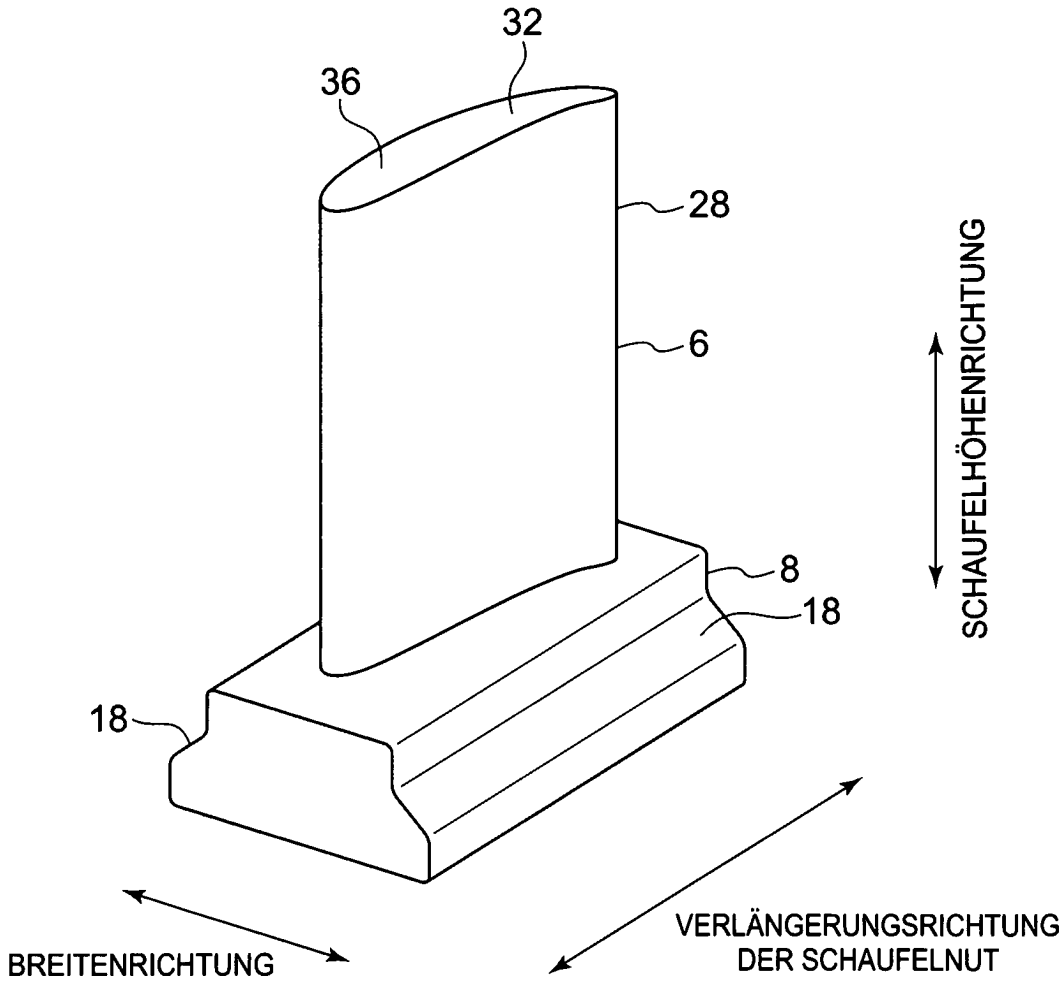

32
36
28
6
8
18
18
SCHAUFELHÖHENRICHTUNG
BREITENRICHTUNG
VERLÄNGERUNGSRICHTUNG
DER SCHAUFELNUT

FIG. 3

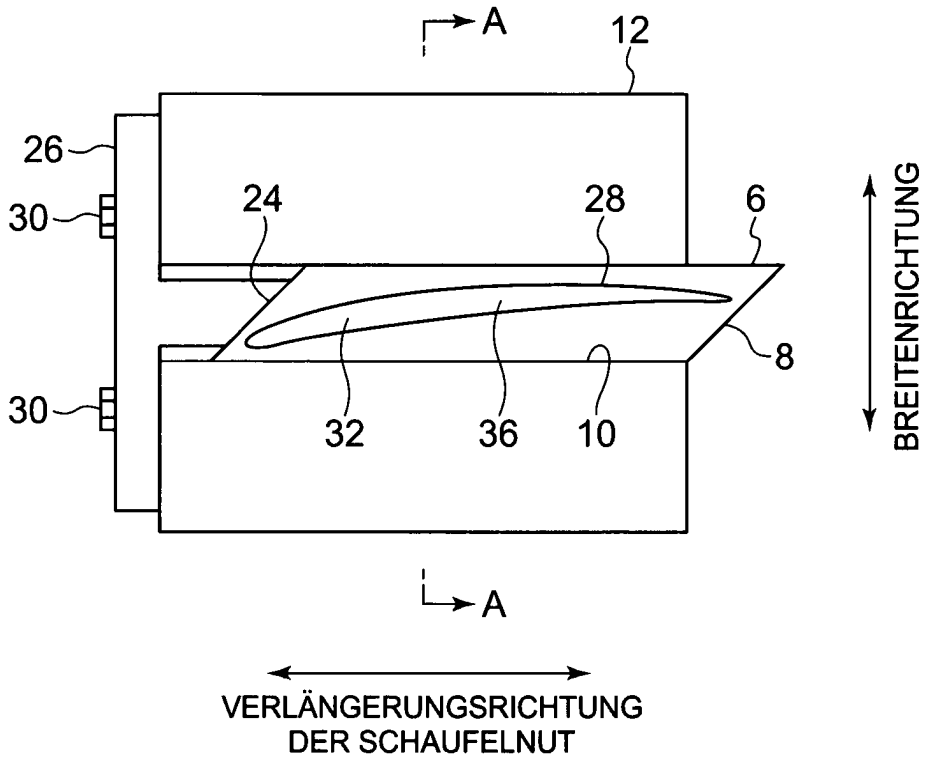

A
12
26
30
24
28
6
30
8
32
36
10
A
BREITENRICHTUNG
VERLÄNGERUNGSRICHTUNG
DER SCHAUFELNUT

FIG. 4

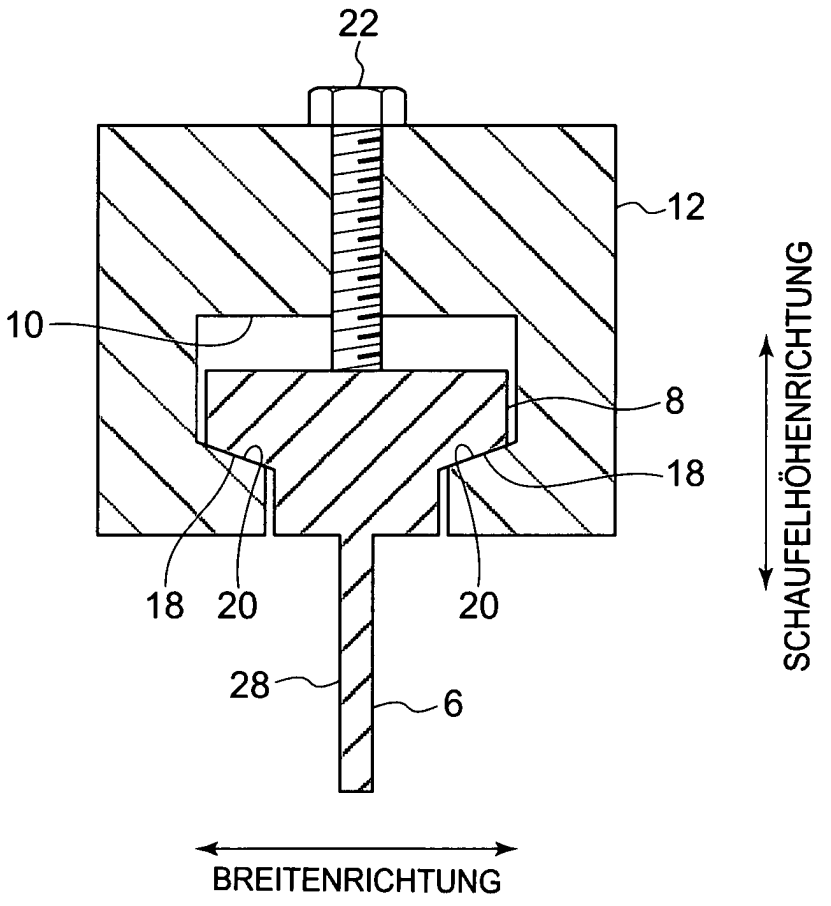

22
12
10
8
18
18
20
20
28
6
SCHAUFELHÖHENRICHTUNG
BREITENRICHTUNG

FIG. 5

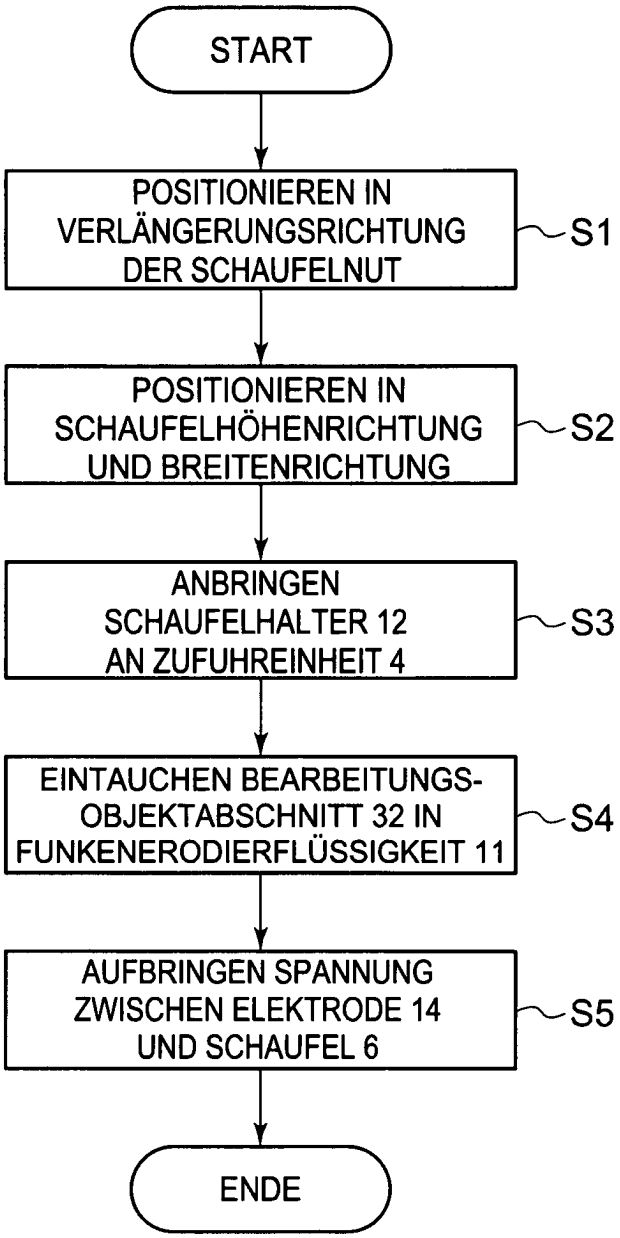

START
POSITIONIEREN IN VERLÄNGERUNGSRICHTUNG DER SCHAUFELNUT
S1
POSITIONIEREN IN SCHAUFELHÖHENRICHTUNG UND BREITENRICHTUNG
S2
ANBRINGEN SCHAUFELHALTER 12 AN ZUFUHREINHEIT 4
S3
EINTAUCHEN BEARBEITUNGS-OBJEKTABSCHNITT 32 IN FUNKENERODIERFLÜSSIGKEIT 11
S4
AUFBRINGEN SPANNUNG ZWISCHEN ELEKTRODE 14 UND SCHAUFEL 6
S5
ENDE

FIG. 6

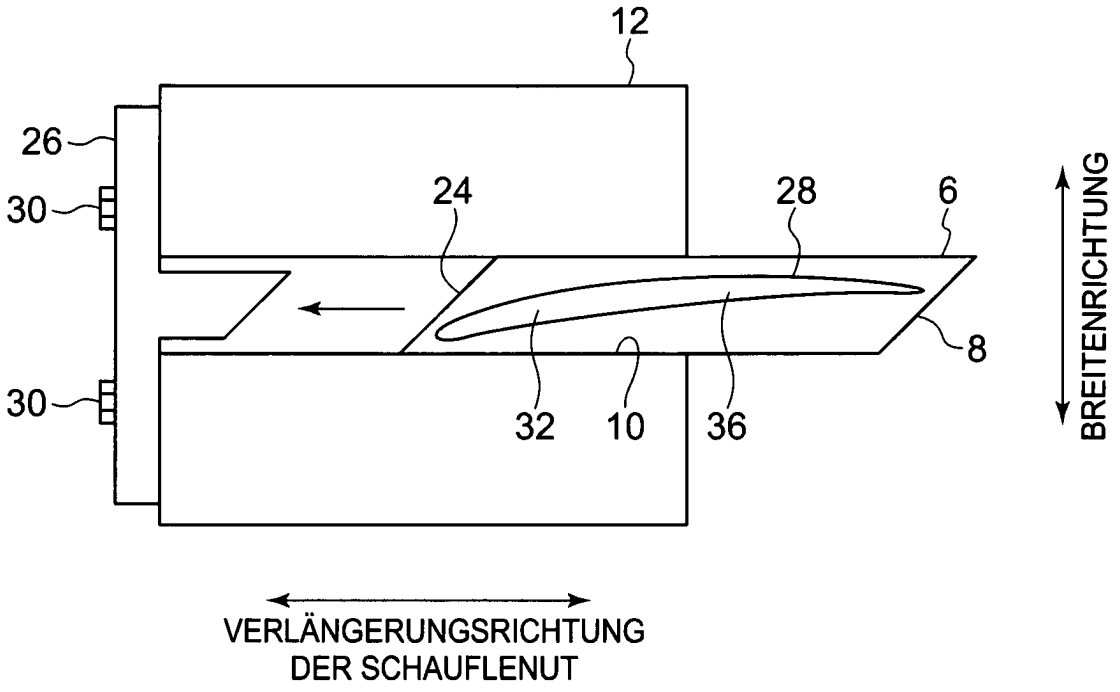

12
26
30
24
28
6
30
8
32
10
36
BREITENRICHTUNG
VERLÄNGERUNGSRICHTUNG
DER SCHAUFLENUT

FIG. 7

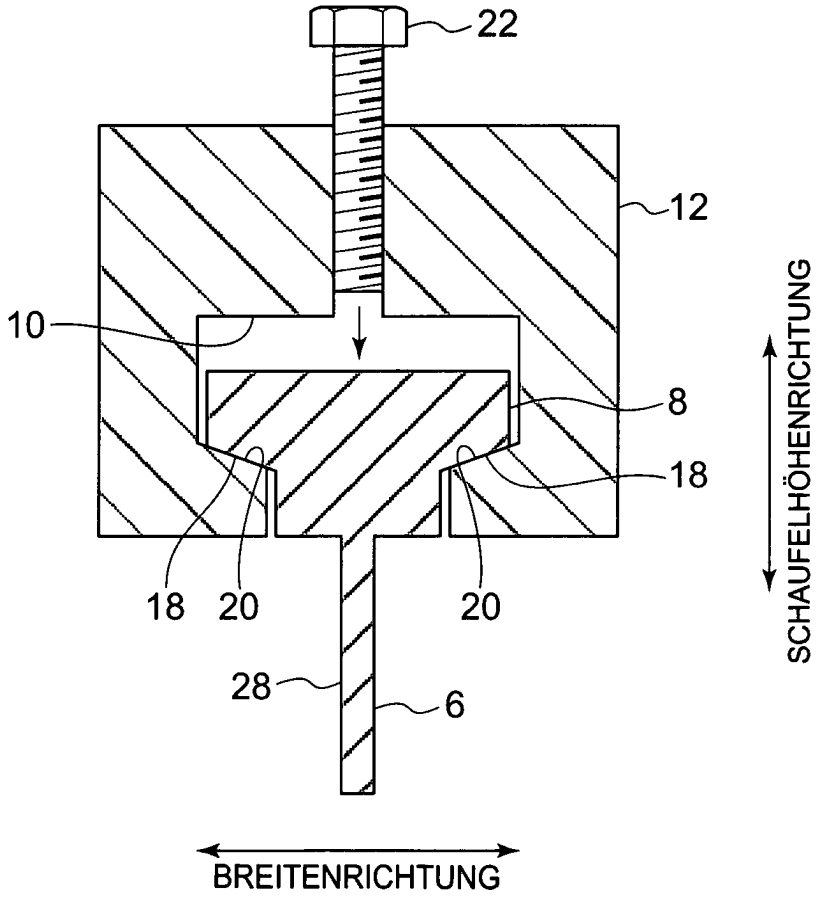

22
12
10
8
18
18
20
20
28
6
SCHAUFELHÖHENRICHTUNG
BREITENRICHTUNG

FIG. 8

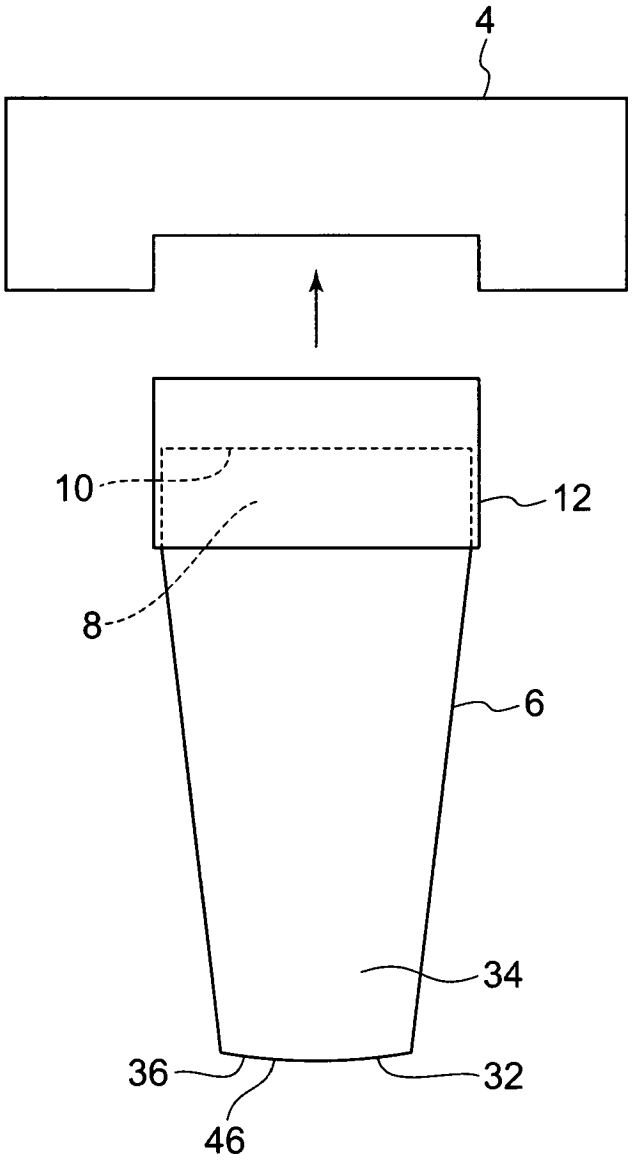


FIG. 9

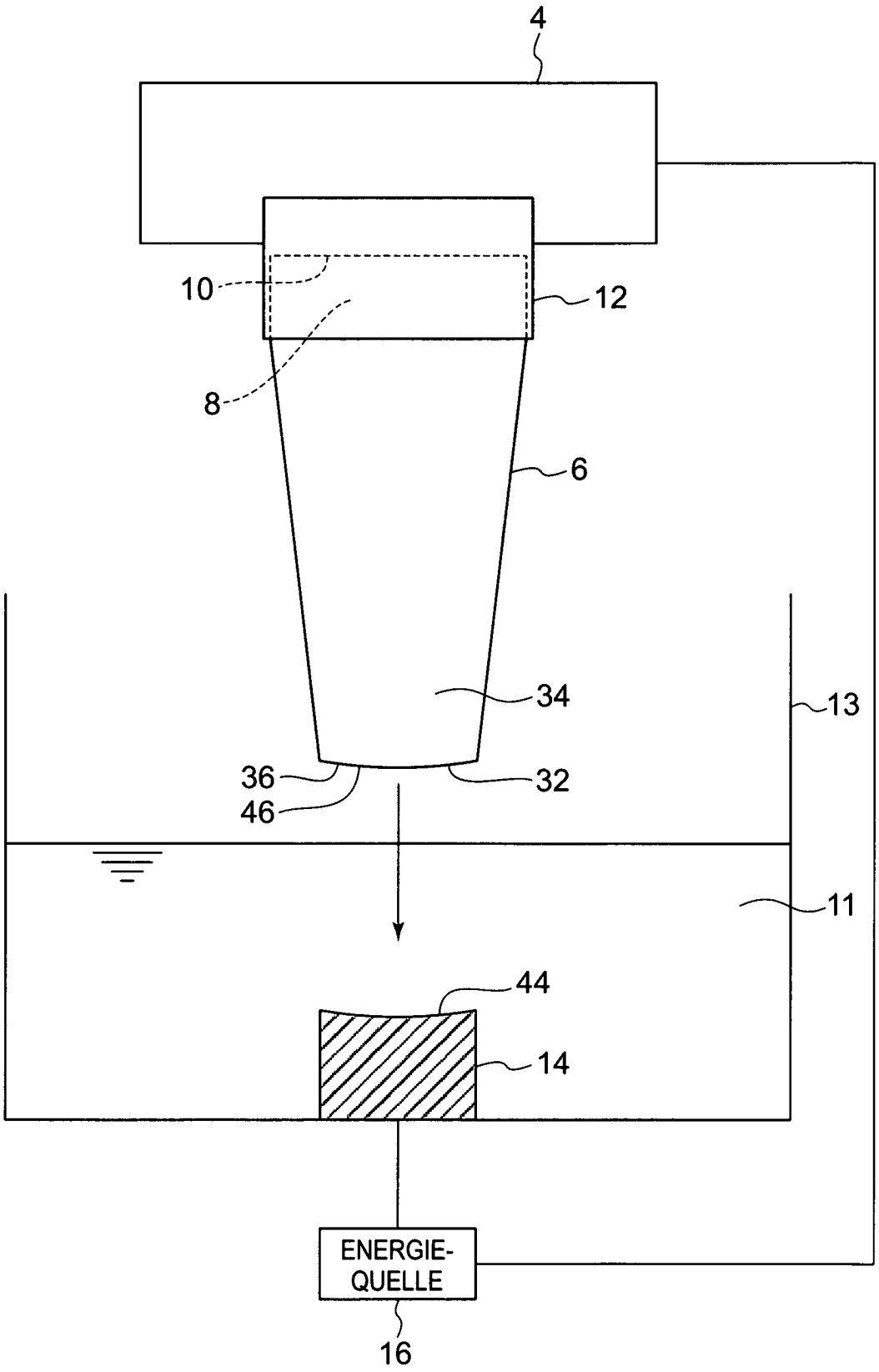


FIG. 10

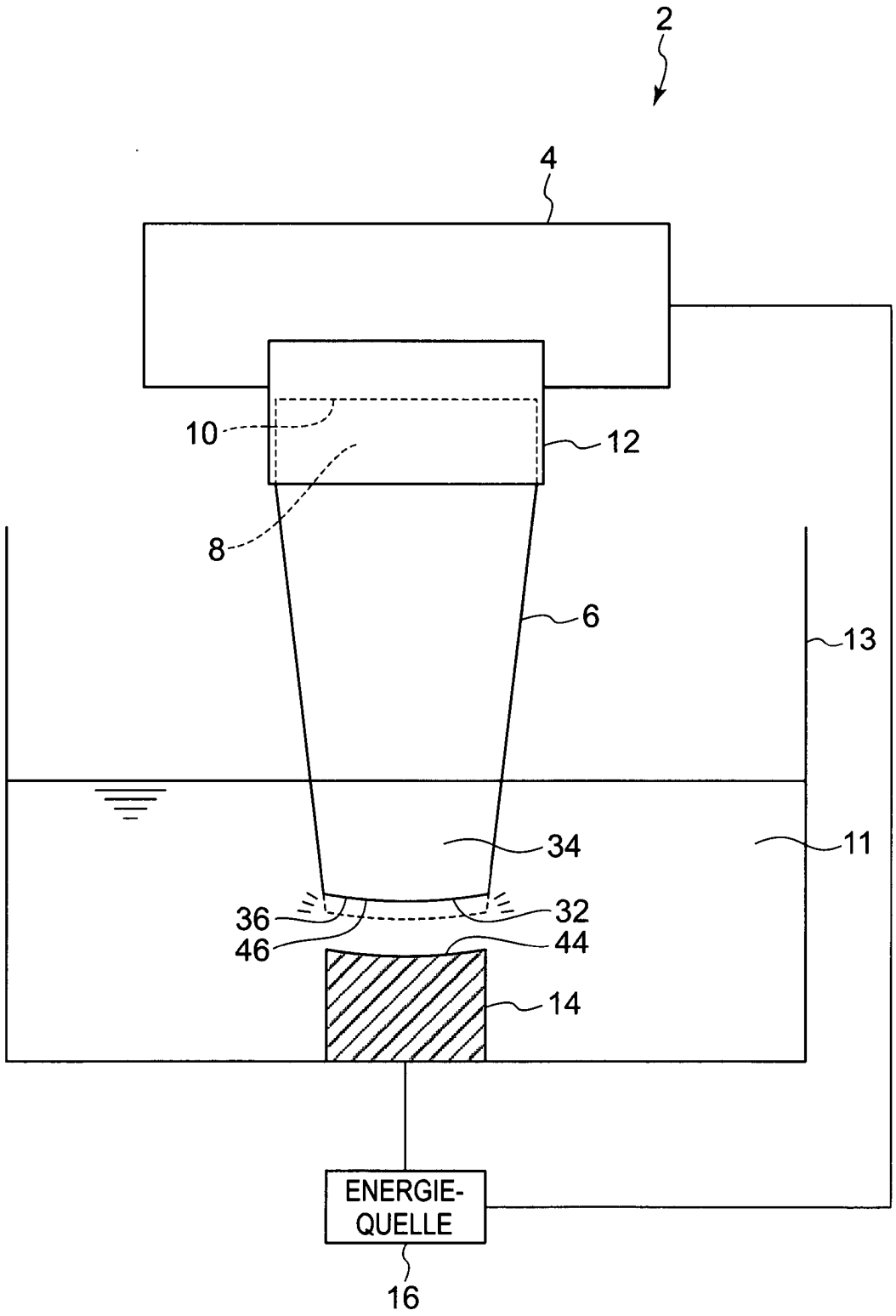
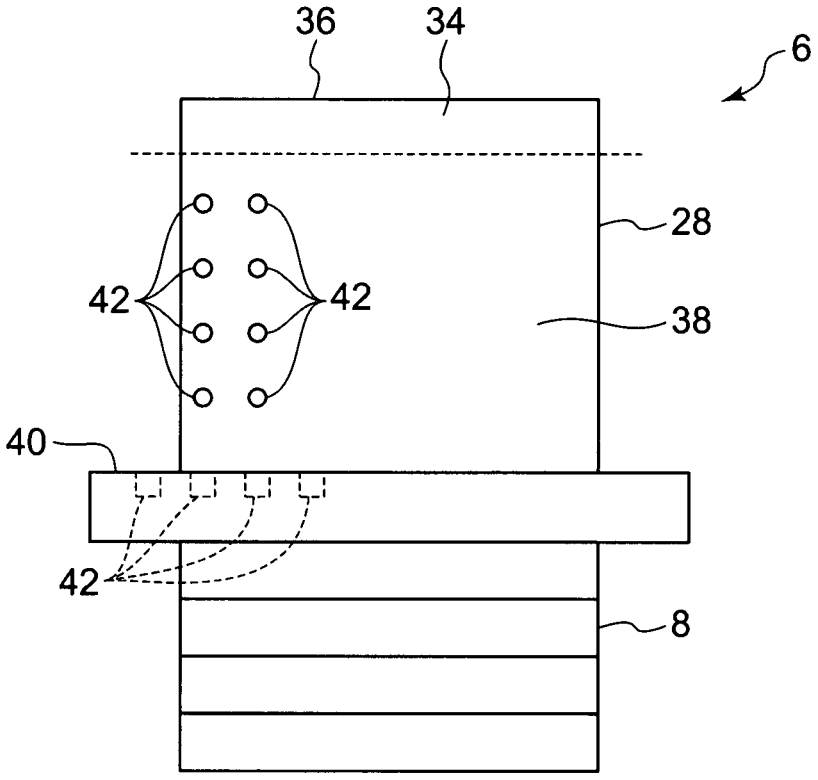


FIG. 11



 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.