

(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  
4. Oktober 2007 (04.10.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2007/110280 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

**B23H 1/06** (2006.01)      **B23H 9/14** (2006.01)  
**B23H 9/10** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/051519

(22) Internationales Anmeldedatum:

16. Februar 2007 (16.02.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

06006139.7      24. März 2006 (24.03.2006)      EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FÖRSTER, Ralf**

[DE/DE]; Melanchtonstr. 62, 12623 Berlin (DE). **KLEIN, Karsten** [DE/DE]; Kladower Damm 282d, 14089 Berlin (DE). **LAUDIEN, Ulrich** [DE/DE]; Krefelder Str. 9, 10555 Berlin (DE). **SETTEGAST, Silke** [DE/DE]; Paul-Robeson-Str. 35, 10439 Berlin (DE). **SUBRAMANIAN, Ramesh** [IN/DE]; Viktoria-Luise-Platz 12, 10777 Berlin (DE).

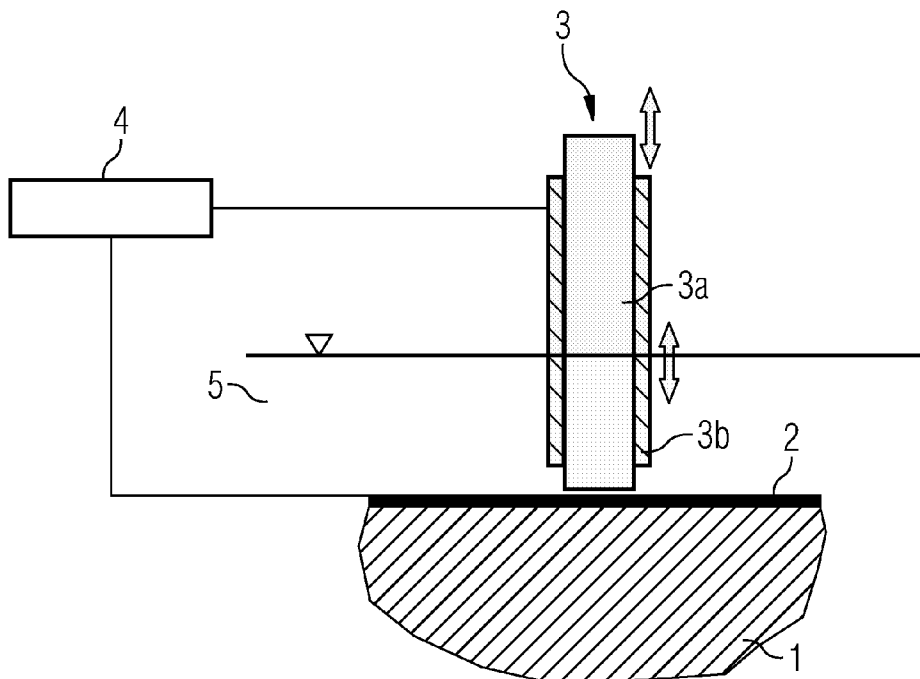
(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTRODE ARRANGEMENT FOR ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING AN ELECTRICALLY NON-CONDUCTIVE MATERIAL

(54) Bezeichnung: ELEKTRODENANORDNUNG FÜR DIE FUNKENEROSIVE BEARBEITUNG EINES ELEKTRISCH NICHTLEITENDEN MATERIALS



(57) Abstract: The invention relates to an electrode arrangement (3) for the electrical discharge machining of an electrically non-conductive material (1), which comprises a first component (3a) for removing the electrically non-conductive material (1) and a second component (3b) for depositing an electrically conductive substance (7) on the electrically non-conductive material (1).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/110280 A1



MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (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:** Elektrodenanordnung (3) für die funkenerosive Bearbeitung eines elektrisch nichtleitenden Materials (1), die einen ersten Bestandteil (3a) zum Abtragen des elektrisch nichtleitenden Materials (1) und einen zweiten Bestandteil (3b) zum Abscheiden einer elektrisch leitenden Substanz (7) auf dem elektrisch nichtleitenden Material (1) aufweist.

Elektrodenanordnung für die funkenerosive Bearbeitung eines elektrisch nichtleitenden Materials

5 Die Erfindung betrifft eine Elektrodenanordnung für die funkenerosive Bearbeitung eines elektrisch nichtleitenden Materials und ein Verfahren zur funkenerosiven Bearbeitung eines elektrisch nichtleitenden Materials unter Verwendung der Elektrodenanordnung.

10

Funkenerosive Bearbeitungsverfahren für elektrisch nichtleitende Materialien sind im Stand der Technik bekannt. Sie werden u. a. eingesetzt, um in Bauteilen, die mit einer keramischen Beschichtung versehen sind, Bohrungen zu erstellen.

15 So werden etwa bei Turbinenschaufeln, die eine keramische Wärmedämmschicht auf einem metallischen Grundkörper aufweisen, Kühlluftbohrungen durch Funkenerosion erstellt.

In der DE 41 02 250 A1 ist allgemein ein Verfahren zur funkenerosiven Bearbeitung elektrisch nichtleitender Materialien beschrieben. Bei diesem Verfahren wird das nichtleitende Material vor seiner Bearbeitung mit einer elektrisch leitenden Substanz beschichtet. Diese Schicht wird als Assistenz-  
elektrode verwendet, die bei der funkenerosiven Bearbeitung  
25 eine elektrische Kontaktierung zu einer Arbeitselektrode herstellt. Das mit der Assistenzelektrode beschichtete, elektrisch nichtleitende Material und zumindest der zur Assistenzelektrode weisende Endbereich der Arbeitselektrode, an dem es bei der Bearbeitung zur Funkenentladung kommt, sind in ein  
30 Dielektrikum getaucht, das durch eine Flüssigkeit wie Kerosin oder auch ein Gas gebildet wird.

Wenn an die Anordnung eine Spannung angelegt wird, kommt es zwischen der Arbeitselektrode und der Assistenzelektrode zu  
35 einer Funkenentladung und in der Folge zu einem Abtrag der Assistenzelektrode sowie des darunterliegenden elektrisch nichtleitenden Materials. Gleichzeitig wird ein Teil des Dielektrikums gecrackt, wodurch Kohlenstoff oder leitfähige Car-

bide entstehen, die in Form einer elektrisch leitfähigen Schicht auf den freigelegten Oberflächenbereichen des nichtleitenden Materials abgeschieden werden. Die so abgeschiedene, elektrisch leitende Schicht ersetzt somit das abgetragene Material der Assistenzelektrode und stellt bei einem Vordringen der Arbeitselektrode in das nichtleitende Material eine leitende Verbindung zu der Oberfläche des nichtleitenden Materials her, so dass eine kontinuierliche Bearbeitung möglich ist.

10

Als nachteilig wird angesehen, dass bei dem bekannten Verfahren die Bearbeitungsgeschwindigkeit begrenzt ist, da der Abscheidungsprozess der leitenden Schicht langsam erfolgt. Eine zügige Bearbeitung ist deshalb nicht möglich. Außerdem kann es auf Grund der im  $\mu\text{m}$ -Bereich liegenden geringen Dicke der neu gebildeten Schicht leicht zu Unterbrechungen der Leitungen kommen, wenn diese beschädigt wird, was den Prozess vollständig zum Erliegen bringt.

15

20

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Elektrodenanordnung bereitzustellen, die eine schnelle und verlässliche Ausbildung der zusätzlichen leitenden Schicht aus einer elektrisch leitenden Substanz auf dem elektrisch nichtleitenden Material und gleichzeitig einen zügigen Abtrag des elektrisch nichtleitenden Materials ermöglicht.

25

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Elektrodenanordnung mit einem ersten Bestandteil zum Abtragen des elektrisch nichtleitenden Materials und einem zweiten Bestandteil zum Abscheiden einer elektrisch leitenden Substanz auf dem elektrisch nichtleitenden Material gelöst. Das grundlegende Prinzip ist also, dass jeweils ein Bestandteil der Elektrodenanordnung für jeweils eine Aufgabe, entweder das Abtragen oder das Abscheiden optimiert ist.

30

35

Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Elektrodenanordnung ist, dass die Ausbildung der zusätzlichen leitenden Schicht, die aus der elektrisch leitenden Substanz besteht,

schnell und zuverlässig erfolgt. Dadurch steigt die mögliche Bearbeitungsgeschwindigkeit im Vergleich zu den im Stand der Technik beschriebenen Verfahren erheblich. Weil die Abscheidung der elektrisch leitenden Substanz unter optimierten Bedingungen erfolgt, weist die zusätzlich elektrisch leitende Schicht eine höhere Stabilität auf. So wird die Gefahr verringert, dass es durch eine Beschädigung der Schicht zu einer Unterbrechung des Stromkreises und damit zum Erliegen des Verfahrens kommt.

10

In einer Ausführung der Erfindung sind der erste und der zweite Bestandteil zwei chemisch und/oder physikalisch unterschiedliche Verbindungen. Sie können also beispielsweise unterschiedliche Metalle oder Metallegierungen sein. Außerdem können sie sich, wenn sie aus chemisch identischen Stoffen bestehen, beispielsweise in ihren Oberflächeneigenschaften unterscheiden. Vorteilhaft kann hier sein, dass beispielsweise der Bestandteil zum Abtragen des nichtleitenden Materials besonders widerstandsfähig und hitzeresistent ist und deshalb während der funkenerosiven Bearbeitung weitestgehend unbeschädigt bleibt und der Bestandteil zum Abscheiden einer elektrisch leitenden Substanz entweder die Bildung von Kohlenstoff aus dem Dielektrikum begünstigt oder selbst Bestandteil der elektrisch leitenden Substanz wird.

25

Die Elektrodenanordnung kann auch derart ausgeführt sein, dass jeweils ein Bestandteil auf Teilen des anderen Bestandteils als Beschichtung aufgebracht ist. Auf diese Weise erhält man zwei räumlich begrenzte Bereiche innerhalb der Elektrodenanordnung, die jeweils für die Abscheidung und für die Abtragung optimiert sind.

30

Versuche haben außerdem gezeigt, dass eine Elektrodenanordnung, die aus einer diskreten Erodier Elektrode zum Abtragen des elektrisch nichtleitenden Materials und einer diskreten Abscheidungselektrode zum Abscheiden der elektrisch leitenden Substanz besteht eine besonders schnelle und sichere funkenerosive Bearbeitung des elektrisch nichtleitenden Materials

35

erlaubt. In diesem Fall sind zwei diskrete Elektroden vorhanden, die elektrisch leitend miteinander verbunden sein können, aber nicht müssen. Durch die räumliche Trennung der beiden Elektroden kommt es zu keiner Störung des jeweils ablaufenden Prozesses.

Auch in diesem Fall ist es möglich, dass die Erodiererelektrode und die Abscheidungselektrode aus zwei chemisch und/oder physikalisch unterschiedlichen Verbindungen, wie z.B. zwei Metallen oder Metalllegierungen, bestehen.

Außerdem können die Erodiererelektrode und die Abscheidungselektrode unterschiedliche Geometrien aufweisen, die jeweils so gewählt werden können, dass sie die Funktion des Abscheidens bzw. des Erodierens unterstützen. Die Geometrie der Erodiererelektrode kann auch mit Bezug auf die gewünschte Form der funkenerosiven Bearbeitung gewählt werden.

Da die Abscheidung der elektrisch leitenden Substanz besonders auf den Seitenwänden des funkenerosiven Bearbeitungsreiches erfolgen soll, ist es günstig, wenn die Abscheidungselektrode die Erodiererelektrode umgibt. So ist nämlich gewährleistet, dass die Abscheidungselektrode räumlich nah zu dem Teil des elektrisch nichtleitenden Materials angeordnet ist, auf dem die elektrisch leitende Substanz abgeschieden werden soll.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind die Abscheidungselektrode und die Erodiererelektrode fest miteinander verbunden. Dies kann beispielsweise dadurch verwirklicht werden, dass die Abscheidungselektrode teilweise als Beschichtung auf der Erodiererelektrode oder die Erodiererelektrode teilweise als Beschichtung auf der Abscheidungselektrode aufgebracht ist. Die Beschichtung kann z.B. aus TiN bestehen. Auf diese Weise erhält man eine Elektrodenanordnung, die einfach herzustellen ist und eine hohe inhärente Stabilität aufweist.

Es ist aber auch möglich, dass die Erodiererelektrode und die Abscheidungselektrode unabhängig voneinander beweglich sind. Dadurch kann gewährleistet werden, dass die jeweilige Bewegung der Elektroden an die Geschwindigkeit des Prozesses, den sie ausführen, angepasst werden kann. Das bedeutet, dass sowohl die Abscheidungselektrode in einer Art bewegt werden kann, die optimal für ihre Funktion des Abscheidens der elektrisch leitenden Substanz ist als auch die Erodiererelektrode so bewegt werden kann, dass sie in optimaler Weise das Abtragen des elektrisch nichtleitenden Materials ermöglicht. Dazu können die Erodiererelektrode und/oder die Abscheidungselektrode sowohl eine translatorische als auch eine rotatorische Bewegung oder auch eine Kombination beider Bewegungsformen ausführen.

15

Von Vorteil kann sein, wenn die Elektrodenanordnung eine Steuereinheit aufweist, die die Bewegung der Elektroden insbesondere in der Weise steuert, dass die Erodiererelektrode und die Abscheidungselektrode mit unterschiedlichen Vorschüben auf das elektrisch nichtleitende Material zubewegt werden. Auf diese Weise kann berücksichtigt werden, dass die Prozesse des Erodierens und des Abscheidens mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten ablaufen können.

25

Es wird auch ein Verfahren zur funkenerosiven Bearbeitung eines elektrisch nichtleitenden Materials bereitgestellt, bei dem eine der zuvor beschriebenen Elektrodenanordnungen verwendet wird.

30

Das Verfahren eignet sich in besonderem Maße für elektrisch nichtleitende Materialien, die als eine Beschichtung auf einem Bauteil aufgebracht sind. Diese Beschichtung kann beispielsweise eine Wärmedämmschicht sein, die wiederum aus voll- oder teilstabilisiertem Zirkoniumoxid bestehen oder es enthalten kann. Entsprechende Beschichtungen finden sich auf vielen Bauteilen, wobei es häufig nötig ist, diese Beschichtungen zu durchbohren, was mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens schnell und effizient gelingt.

35

Versuche haben gezeigt, dass das erfindungsgemäße Verfahren besonders gut für die funkenerosive Bearbeitung von Bauteilen, die zu einer Turbine gehören, geeignet ist. Da diese  
5 heutzutage meist mit keramischen Wärmedämmschichten versehen sind, ist das erfindungsgemäße Verfahren für das Erstellen von Kühlluftbohrungen geeignet, wobei es hier gelingt, die Öffnungsbereiche in Form von Diffusoren direkt während der funkenerosiven Bearbeitung auszubilden. Dies gilt besonders  
10 für Lauf- oder Leitschaufeln von Turbinen.

Die erfindungsgemäße Elektrodenanordnung und das erfindungsgemäße Verfahren werden im Folgenden anhand von zwei Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

15

Figur 1 eine Elektrodenanordnung zur funkenerosiven Bearbeitung von elektrisch nicht leitenden Materialien gemäß der vorliegenden Erfindung in schematischer Darstellung vor dem Beginn der Bearbeitung,  
20 Figur 2 die Anordnung aus Figur 1 während der Bearbeitung,  
Figur 3 eine Gasturbine,  
Figur 4 eine Turbinenschaufel und  
Figur 5 eine Brennkammer.

25

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Elektrodenanordnung, wobei die Elektrodenanordnung vor der Bearbeitung eines elektrisch nichtleitenden Materials dargestellt ist. In der dargestellten Ausführungsform soll  
30 ein Bauteil 1, das aus einer elektrisch nichtleitenden Keramik besteht, bearbeitet werden. Es kann sich dabei um ein Teil einer Turbine, wie z.B. eine Lauf- 120 (Fig. 3, 4) oder Leitschaufel 130 (Fig. 3, 4) handeln. Das elektrisch nichtleitende Material kann auch eine Beschichtung,  
35 beispielsweise in der Form einer Wärmedämmschicht sein, wobei sie aus voll- oder teilstabilisiertem Zirkoniumoxid bestehen kann.

Eine Assistenzelektrode 2 ist flächig als Schicht aus Graphit auf der Oberfläche des Bauteils 1 aufgebracht. Verschiedene im Stand der Technik bekannte Verfahren sind für die Auftragung geeignet und sie kann auch aus verschiedenen Metallen  
5 oder elektrisch leitenden Polymeren bestehen. Die Assistenzelektrode 2 ist ebenso wie eine Elektrodenanordnung 3 elektrisch leitend mit einem Generator 4 verbunden, so dass an beiden Elektroden 2, 3 eine geeignete Spannung anliegt.

10 Die Elektrodenanordnung 3 besteht in diesem Fall aus einer diskreten Erodiererelektrode 3a und einer diskreten Abscheidungselektrode 3b, die elektrisch leitend miteinander verbunden sind. Beide Elektroden 3a, 3b können aus chemisch  
und/oder physikalisch unterschiedlichen Verbindungen, wie  
15 beispielsweise zwei unterschiedlichen Metallen bestehen. Hier weisen sie außerdem unterschiedliche Geometrien auf und die Abscheidungselektrode 3b umgibt zumindest teilweise die Erodiererelektrode 3a. Die Erodiererelektrode 3a und die Abscheidungselektrode 3b können fest miteinander verbunden sein, was  
20 beispielsweise dadurch realisiert werden kann, dass die Abscheidungselektrode 3b in Form einer Beschichtung auf der Seitenwand der Erodiererelektrode 3a aufgebracht ist.

Andererseits ist es auch möglich, dass die beiden Elektroden  
25 3a, 3b separate Bauteile und unabhängig voneinander beweglich sind, so dass sie beide jeweils eine translatorische und/oder eine rotatorische Bewegung ausführen können. Wenn in der Elektrodenanordnung 3 zusätzlich eine nicht gezeigte Steuereinheit vorhanden ist, kann die Bewegung der Elektroden 3a,  
30 3b gesteuert werden, wobei es insbesondere möglich ist, dass die beiden Elektroden 3a, 3b mit unterschiedlichen Vorschüben in Richtung des Bauteils 1 bewegt werden.

Ein Dielektrikum 5 umgibt das Bauteil 1, die Assistenzelektrode 2 und den unteren Abschnitt der Elektrodenanordnung 3.  
35 Das Dielektrikum 5 kann beispielsweise Kerosin sein, es sind aber auch viele weitere im Stand der Technik bekannte Verbindungen geeignet.

Um das Bauteil 1 mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens funkenerosiv zu bearbeiten, wird zunächst auf dessen Oberfläche eine elektrisch leitende Schicht insbesondere aus Graphit als Assistenzelektrode aufgebracht. Die Assistenzelektrode 2 und die Elektrodenanordnung 3 werden an den Generator 4 angeschlossen. Das Bauteil 1 und zumindest der untere Teil der Elektrodenanordnung 3, an dem die funkenerosive Bearbeitung stattfindet, werden mit dem Dielektrikum 5 umgeben.

10

Die Erodierелеktrode 3a der Elektrodenanordnung 3 wird - wie Figur 2 zeigt - in unmittelbarer Nähe zur Assistenzelektrode 2 gebracht. Sobald an der Elektrodenanordnung 3 und der Assistenzelektrode 2 eine geeignete Spannung anliegt, kommt es zu einer elektrischen Kontaktierung in Form von Funken-schlag zwischen der Assistenzelektrode 2 und der Erodier-елеktrode 3a. Durch diese Funkenbildung werden ein Teil der Assistenzelektrode 2 und das keramische Material eines Bauteils 1 verdampft und abgetragen, um eine Öffnung 8 auszubilden. Bei jeder Funkenentladung werden außerdem Teile des Dielektrikum gecrackt, so dass Kohlenstoff und/oder Carbidverbindungen entstehen, die auf dem freigelegten elektrisch nichtleitenden Material des Bauteils 1 von der Abscheidungs-елеktrode 3b abgeschieden werden und so eine leitende Schicht 7 auszubilden, welche das abgetragene Material der Assistenzelektrode 2 ersetzt, so dass es bei einer Fortsetzung des Verfahrens zu einem Funkenschlag zwischen der abgeschiedenen Schicht 7 und der Arbeitselektrode 3 kommt und in der Folge die Schicht 7 zusammen mit dem keramischen Material des Bauteils 1 weiter abgetragen werden. Dadurch, dass die abgetragenen Bereiche der Schicht 7 wieder durch die Crackprodukte aufgefüllt werden, kann das Verfahren kontinuierlich fortgesetzt werden.

35

Aufgrund der Tatsache, dass die Erodierелеktrode 3a und die Abscheidungselektrode 3b separate Bauteile sind, die unabhängig voneinander axial bewegt und gegebenenfalls auch verdreht

oder verschwenkt werden können, ist es möglich, den Abtragungsprozess durch entsprechende Steuerung der Erodiererelektrode 3a und die Abscheidung von Crackprodukten über eine entsprechende Steuerung der Abscheidungselektrode 3b zu steuern und insbesondere die Prozesse auch durch eine geeignete Materialauswahl für die Elektroden 3a, 3b zu beeinflussen.

Die Figur 3 zeigt beispielhaft eine Gasturbine 100 in einem Längsteilschnitt.

Die Gasturbine 100 weist im Inneren einen um eine Rotationsachse 102 drehgelagerten Rotor 103 mit einer Welle 101 auf, der auch als Turbinenläufer bezeichnet wird. Entlang des Rotors 103 folgen aufeinander ein Ansauggehäuse 104, ein Verdichter 105, eine beispielsweise torusartige Brennkammer 110, insbesondere Ringbrennkammer, mit mehreren koaxial angeordneten Brennern 107, eine Turbine 108 und das Abgasgehäuse 109.

Die Ringbrennkammer 110 kommuniziert mit einem beispielsweise ringförmigen Heißgaskanal 111. Dort bilden beispielsweise vier hintereinander geschaltete Turbinenstufen 112 die Turbine 108.

Jede Turbinenstufe 112 ist beispielsweise aus zwei Schaufelringen gebildet. In Strömungsrichtung eines Arbeitsmediums 113 gesehen folgt im Heißgaskanal 111 einer Leitschaufelreihe 115 eine aus Laufschaufeln 120 gebildete Reihe 125.

Die Leitschaufeln 130 sind dabei an einem Innengehäuse 138 eines Stators 143 befestigt, wohingegen die Laufschaufeln 120 einer Reihe 125 beispielsweise mittels einer Turbinenscheibe 133 am Rotor 103 angebracht sind.

An dem Rotor 103 angekoppelt ist ein Generator oder eine Arbeitsmaschine (nicht dargestellt).

35

Während des Betriebes der Gasturbine 100 wird vom Verdichter 105 durch das Ansauggehäuse 104 Luft 135 angesaugt und verdichtet. Die am turbinenseitigen Ende des Verdichters 105

bereitgestellte verdichtete Luft wird zu den Brennern 107 geführt und dort mit einem Brennmittel vermischt. Das Gemisch wird dann unter Bildung des Arbeitsmediums 113 in der Brennkammer 110 verbrannt. Von dort aus strömt das

5 Arbeitsmedium 113 entlang des Heißgaskanals 111 vorbei an den Leitschaufeln 130 und den Laufschaufeln 120. An den Laufschaufeln 120 entspannt sich das Arbeitsmedium 113 impulsübertragend, so dass die Laufschaufeln 120 den Rotor 103 antreiben und dieser die an ihn angekoppelte

10 Arbeitsmaschine.

Die dem heißen Arbeitsmedium 113 ausgesetzten Bauteile unterliegen während des Betriebes der Gasturbine 100 thermischen Belastungen. Die Leitschaufeln 130 und

15 Laufschaufeln 120 der in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums 113 gesehen ersten Turbinenstufe 112 werden neben den die Ringbrennkammer 110 auskleidenden Hitzeschildelementen am meisten thermisch belastet.

Um den dort herrschenden Temperaturen standzuhalten, können

20 diese mittels eines Kühlmittels gekühlt werden.

Ebenso können Substrate der Bauteile eine gerichtete Struktur aufweisen, d.h. sie sind einkristallin (SX-Struktur) oder weisen nur längsgerichtete Körner auf (DS-Struktur).

Als Material für die Bauteile, insbesondere für die

25 Turbinenschaufel 120, 130 und Bauteile der Brennkammer 110 werden beispielsweise eisen-, nickel- oder kobaltbasierte Superlegierungen verwendet.

Solche Superlegierungen sind beispielsweise aus der EP 1 204 776 B1, EP 1 306 454, EP 1 319 729 A1, WO 99/67435 oder WO

30 00/44949 bekannt; diese Schriften sind bzgl. der chemischen Zusammensetzung der Legierungen Teil der Offenbarung.

Die Leitschaufel 130 weist einen dem Innengehäuse 138 der Turbine 108 zugewandten Leitschaufelfuß (hier nicht

35 dargestellt) und einen dem Leitschaufelfuß gegenüberliegenden Leitschaufelkopf auf. Der Leitschaufelkopf ist dem Rotor 103 zugewandt und an einem Befestigungsring 140 des Stators 143 festgelegt.

Die Figur 4 zeigt in perspektivischer Ansicht eine Laufschaufel 120 oder Leitschaufel 130 einer Strömungsmaschine, die sich entlang einer Längsachse 121 erstreckt.

Die Strömungsmaschine kann eine Gasturbine eines Flugzeugs oder eines Kraftwerks zur Elektrizitätserzeugung, eine Dampfturbine oder ein Kompressor sein.

Die Schaufel 120, 130 weist entlang der Längsachse 121 aufeinander folgend einen Befestigungsbereich 400, eine daran angrenzende Schaufelplattform 403 sowie ein Schaufelblatt 406 und eine Schaufelspitze 415 auf.

Als Leitschaufel 130 kann die Schaufel 130 an ihrer Schaufelspitze 415 eine weitere Plattform aufweisen (nicht dargestellt).

Im Befestigungsbereich 400 ist ein Schaufelfuß 183 gebildet, der zur Befestigung der Laufschaufeln 120, 130 an einer Welle oder einer Scheibe dient (nicht dargestellt).

Der Schaufelfuß 183 ist beispielsweise als Hammerkopf ausgestaltet. Andere Ausgestaltungen als Tannenbaum- oder Schwalbenschwanzfuß sind möglich.

Die Schaufel 120, 130 weist für ein Medium, das an dem Schaufelblatt 406 vorbeiströmt, eine Anströmkante 409 und eine Abströmkante 412 auf.

Bei herkömmlichen Schaufeln 120, 130 werden in allen Bereichen 400, 403, 406 der Schaufel 120, 130 beispielsweise massive metallische Werkstoffe, insbesondere Superlegierungen verwendet.

Solche Superlegierungen sind beispielsweise aus der EP 1 204 776 B1, EP 1 306 454, EP 1 319 729 A1, WO 99/67435 oder WO 00/44949 bekannt; diese Schriften sind bzgl. der chemischen Zusammensetzung der Legierung Teil der Offenbarung.

Die Schaufel 120, 130 kann hierbei durch ein Gussverfahren, auch mittels gerichteter Erstarrung, durch ein Schmiedever-

fahren, durch ein Fräsverfahren oder Kombinationen daraus gefertigt sein.

Werkstücke mit einkristalliner Struktur oder Strukturen werden als Bauteile für Maschinen eingesetzt, die im Betrieb hohen mechanischen, thermischen und/oder chemischen Belastungen ausgesetzt sind.

Die Fertigung von derartigen einkristallinen Werkstücken erfolgt z.B. durch gerichtetes Erstarren aus der Schmelze. Es handelt sich dabei um Gießverfahren, bei denen die flüssige metallische Legierung zur einkristallinen Struktur, d.h. zum einkristallinen Werkstück, oder gerichtet erstarrt.

Dabei werden dendritische Kristalle entlang dem Wärmefluss ausgerichtet und bilden entweder eine stängelkristalline Kornstruktur (kolumnar, d.h. Körner, die über die ganze Länge des Werkstückes verlaufen und hier, dem allgemeinen Sprachgebrauch nach, als gerichtet erstarrt bezeichnet werden) oder eine einkristalline Struktur, d.h. das ganze Werkstück besteht aus einem einzigen Kristall. In diesen Verfahren muss man den Übergang zur globulitischen (polykristallinen) Erstarrung meiden, da sich durch ungerichtetes Wachstum notwendigerweise transversale und longitudinale Korngrenzen ausbilden, welche die guten Eigenschaften des gerichtet erstarrten oder einkristallinen Bauteiles zunichte machen.

Ist allgemein von gerichtet erstarrten Gefügen die Rede, so sind damit sowohl Einkristalle gemeint, die keine Korngrenzen oder höchstens Kleinwinkelkorngrenzen aufweisen, als auch Stängelkristallstrukturen, die wohl in longitudinaler Richtung verlaufende Korngrenzen, aber keine transversalen Korngrenzen aufweisen. Bei diesen zweitgenannten kristallinen Strukturen spricht man auch von gerichtet erstarrten Gefügen (directionally solidified structures).

Solche Verfahren sind aus der US-PS 6,024,792 und der EP 0 892 090 A1 bekannt; diese Schriften sind bzgl. des Erstarrungsverfahrens Teil der Offenbarung.

Ebenso können die Schaufeln 120, 130 Beschichtungen gegen Korrosion oder Oxidation aufweisen, z. B. (MCrAlX; M ist zumindest ein Element der Gruppe Eisen (Fe), Kobalt (Co), Nickel (Ni), X ist ein Aktivelement und steht für Yttrium (Y) und/oder Silizium und/oder zumindest ein Element der Seltene Erden, bzw. Hafnium (Hf)). Solche Legierungen sind bekannt aus der EP 0 486 489 B1, EP 0 786 017 B1, EP 0 412 397 B1 oder EP 1 306 454 A1, die bzgl. der chemischen Zusammensetzung der Legierung Teil dieser Offenbarung sein sollen.

5 Die Dichte liegt vorzugsweise bei 95% der theoretischen Dichte.

Auf der MCrAlX-Schicht (als Zwischenschicht oder als äußerste Schicht) bildet sich eine schützende Aluminiumoxidschicht (TGO = thermal grown oxide layer).

15 Auf der MCrAlX kann noch eine Wärmedämmschicht vorhanden sein, die vorzugsweise die äußerste Schicht ist, und besteht beispielsweise aus  $ZrO_2$ ,  $Y_2O_3-ZrO_2$ , d.h. sie ist nicht, teilweise oder vollständig stabilisiert durch Yttriumoxid und/oder Kalziumoxid und/oder Magnesiumoxid.

20 Die Wärmedämmschicht bedeckt die gesamte MCrAlX-Schicht. Durch geeignete Beschichtungsverfahren wie z.B. Elektronenstrahlverdampfen (EB-PVD) werden stängelförmige Körner in der Wärmedämmschicht erzeugt.

25 Andere Beschichtungsverfahren sind denkbar, z.B. atmosphärisches Plasmaspritzen (APS), LPPS, VPS oder CVD. Die Wärmedämmschicht kann poröse, mikro- oder makrorissbehaftete Körner zur besseren Thermoschockbeständigkeit aufweisen. Die Wärmedämmschicht ist also vorzugsweise poröser als die

30 MCrAlX-Schicht.

Die Schaufel 120, 130 kann hohl oder massiv ausgeführt sein. Wenn die Schaufel 120, 130 gekühlt werden soll, ist sie hohl und weist ggf. noch Filmkühllöcher 418 (gestrichelt angedeutet) auf, die vorzugsweise mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden.

Die Figur 5 zeigt eine Brennkammer 110 der Gasturbine 100. Die Brennkammer 110 ist beispielsweise als so genannte Ringbrennkammer ausgestaltet, bei der eine Vielzahl von in Umfangsrichtung um eine Rotationsachse 102 herum angeordneten Brennern 107 in einen gemeinsamen Brennkammerraum 154 münden, die Flammen 156 erzeugen. Dazu ist die Brennkammer 110 in ihrer Gesamtheit als ringförmige Struktur ausgestaltet, die um die Rotationsachse 102 herum positioniert ist.

Zur Erzielung eines vergleichsweise hohen Wirkungsgrades ist die Brennkammer 110 für eine vergleichsweise hohe Temperatur des Arbeitsmediums M von etwa 1000°C bis 1600°C ausgelegt. Um auch bei diesen, für die Materialien ungünstigen Betriebsparametern eine vergleichsweise lange Betriebsdauer zu ermöglichen, ist die Brennkammerwand 153 auf ihrer dem Arbeitsmedium M zugewandten Seite mit einer aus Hitzeschildelementen 155 gebildeten Innenauskleidung versehen.

Aufgrund der hohen Temperaturen im Inneren der Brennkammer 110 kann zudem für die Hitzeschildelemente 155 bzw. für deren Halteelemente ein Kühlsystem vorgesehen sein. Die Hitzeschildelemente 155 sind dann beispielsweise hohl und weisen ggf. noch in den Brennkammerraum 154 mündende Kühllöcher (nicht dargestellt) auf, die vorzugsweise mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden.

Jedes Hitzeschildelement 155 aus einer Legierung ist arbeitsmediumsseitig mit einer besonders hitzebeständigen Schutzschicht (MCrAlX-Schicht und/oder keramische Beschichtung) ausgestattet oder ist aus hochtemperaturbeständigem Material (massive keramische Steine) gefertigt.

Diese Schutzschichten können ähnlich der Turbinenschaufeln sein, also bedeutet beispielsweise MCrAlX: M ist zumindest ein Element der Gruppe Eisen (Fe), Kobalt (Co), Nickel (Ni), X ist ein Aktivelement und steht für Yttrium (Y) und/oder Silizium und/oder zumindest ein Element der Seltenen Erden, bzw. Hafnium (Hf). Solche Legierungen sind bekannt aus der EP

0 486 489 B1, EP 0 786 017 B1, EP 0 412 397 B1 oder EP 1 306 454 A1, die bzgl. der chemischen Zusammensetzung der Legierung Teil dieser Offenbarung sein sollen.

- 5 Auf der MCrAlX kann noch eine beispielsweise keramische Wärmedämmschicht vorhanden sein und besteht beispielsweise aus  $ZrO_2$ ,  $Y_2O_3-ZrO_2$ , d.h. sie ist nicht, teilweise oder vollständig stabilisiert durch Yttriumoxid und/oder Kalziumoxid und/oder Magnesiumoxid.
- 10 Durch geeignete Beschichtungsverfahren wie z.B. Elektronenstrahlverdampfen (EB-PVD) werden stängelförmige Körner in der Wärmedämmschicht erzeugt.
- Andere Beschichtungsverfahren sind denkbar, z.B. atmosphärisches Plasmaspritzen (APS), LPPS, VPS oder CVD. Die
- 15 Wärmedämmschicht kann poröse, mikro- oder makrorissbehaftete Körner zur besseren Thermoschockbeständigkeit aufweisen.

- Wiederaufarbeitung (Refurbishment) bedeutet, dass
- 20 Turbinenschaufeln 120, 130, Hitzeschildelemente 155 nach ihrem Einsatz gegebenenfalls von Schutzschichten befreit werden müssen (z.B. durch Sandstrahlen). Danach erfolgt eine Entfernung der Korrosions- und/oder Oxidationsschichten bzw. -produkte. Gegebenenfalls werden auch noch Risse in der
- 25 Turbinenschaufel 120, 130 oder dem Hitzeschildelement 155 repariert. Danach erfolgt eine Wiederbeschichtung der Turbinenschaufeln 120, 130, Hitzeschildelemente 155 und ein erneuter Einsatz der Turbinenschaufeln 120, 130 oder der Hitzeschildelemente 155.

30

Auch hier kann das erfindungsgemäße Verfahren zum Wiederöffnen von Löchern verwendet werden.

## Patentansprüche

1. Elektrodenanordnung (3) für die funkenerosive Bearbei-  
5 tung eines elektrisch nichtleitenden Materials (1),  
sie einen ersten Bestandteil (3a) zum Abtragen des elekt-  
risch nichtleitenden Materials (1) und  
einen zweiten Bestandteil (3b) zum Abscheiden einer  
elektrisch leitenden Substanz (7) auf dem elektrisch  
10 nichtleitenden Material (1) aufweist,  
wobei der zweite Bestandteil (3b) auf dem ersten  
Bestandteil (3a) angeordnet ist.
- 15 2. Elektrodenanordnung (3) nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
  
der erste und der zweite Bestandteil (3a, 3b) zwei chemisch  
und/oder physikalisch unterschiedliche Verbindungen sind.  
20
3. Elektrodenanordnung (3) nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
  
25 der erste und der zweite Bestandteil (3a, 3b) zwei unter-  
schiedliche Metalle sind.
4. Elektrodenanordnung (3) nach einem der Ansprüche 1 bis  
30 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
  
der erste Bestandteil (3a) als Beschichtung teilweise auf  
dem zweiten Bestandteil (3b) oder der zweite Bestandteil  
35 (3b) teilweise als Beschichtung auf dem ersten Bestandteil  
(3a) aufgebracht ist.

5. Elektrodenanordnung (3) für die funkenerosive Bearbeitung eines elektrisch nichtleitenden Materials (1),  
dadurch gekennzeichnet, dass

5 sie eine Erodiererelektrode (3a) zum Abtragen des elektrisch nichtleitenden Materials (1) und eine Abscheidungselektrode (3b) zum Abscheiden einer elektrisch leitenden Substanz (7) auf dem elektrisch nichtleitenden Material (1) aufweist.

10

6. Elektrodenanordnung (3) nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet, dass

15 die Erodiererelektrode (3a) und die Abscheidungselektrode (3b) aus zwei chemisch und/oder physikalisch unterschiedlichen Verbindungen bestehen.

7. Elektrodenanordnung (3) nach Anspruch 5,  
20 dadurch gekennzeichnet, dass

die Erodiererelektrode (3a) und die Abscheidungselektrode (3b) aus zwei unterschiedlichen Metallen bestehen.

25

8. Elektrodenanordnung (3) nach einem der Ansprüche 5 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet, dass

30 die Erodiererelektrode (3a) und die Abscheidungselektrode (3b) unterschiedliche Geometrien aufweisen.

35

9. Elektrodenanordnung (3) nach einem der Ansprüche 5 bis  
8,  
dadurch gekennzeichnet, dass

5 die Abscheidungselektrode (3b) die Erodiererelektrode (3a)  
umgibt.

10. Elektrodenanordnung (3) nach einem der Ansprüche 5 bis  
10 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass

die Erodiererelektrode (3a) und die Abscheidungselektrode  
(3b) fest miteinander verbunden sind.

15

11. Elektrodenanordnung (3) nach Anspruch 10,  
dadurch gekennzeichnet, dass

20 die Abscheidungselektrode (3b) als Beschichtung auf der  
Erodiererelektrode (3a) oder die Erodiererelektrode (3a) als  
Beschichtung auf der Abscheidungselektrode (3b) aufgebracht  
ist.

25

12. Elektrodenanordnung (3) nach einem der Ansprüche 5 bis  
9,  
dadurch gekennzeichnet, dass

30 die Erodiererelektrode (3a) und die Abscheidungselektrode  
(3b) unabhängig voneinander beweglich sind.

35

13. Elektrodenanordnung (3) nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet, dass

5 die Erodiererelektrode (3a) und/oder die Abscheidungselektrode (3b) eine translatorische und/oder eine rotatorische Bewegung ausführen können.

10 14. Elektrodenanordnung (3) nach einem der Ansprüche 12 oder 13,  
dadurch gekennzeichnet, dass

15 sie eine Steuereinheit aufweist, welche die Bewegungen der Elektroden (3a, 3b) steuert und insbesondere in der Weise steuert, dass die Erodiererelektrode (3a) und die Abscheidungselektrode (3b) mit unterschiedlichen Vorschüben bewegt werden.

20 15. Verfahren zur funkenerosiven Bearbeitung eines elektrisch nichtleitenden Materials (1),  
dadurch gekennzeichnet, dass

25 eine Elektrodenanordnung (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 verwendet wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15,  
dadurch gekennzeichnet, dass

30 das elektrisch nichtleitende Material (1) eine Beschichtung auf einem Bauteil ist.

35

17. Verfahren nach Anspruch 16,  
dadurch gekennzeichnet, dass

die Beschichtung eine Wärmedämmschicht ist.

5

18. Verfahren nach Anspruch 17,  
dadurch gekennzeichnet, dass

10 die Wärmedämmschicht voll- oder teilstabilisiertes Zirkoni-  
umoxid enthält oder daraus besteht.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18,  
dadurch gekennzeichnet, dass

15

das Bauteil Teil einer Turbine ist.

20 20. Verfahren nach Anspruch 19,  
dadurch gekennzeichnet, dass

das Bauteil eine Lauf- oder Leitschaufel ist.

25

FIG 1

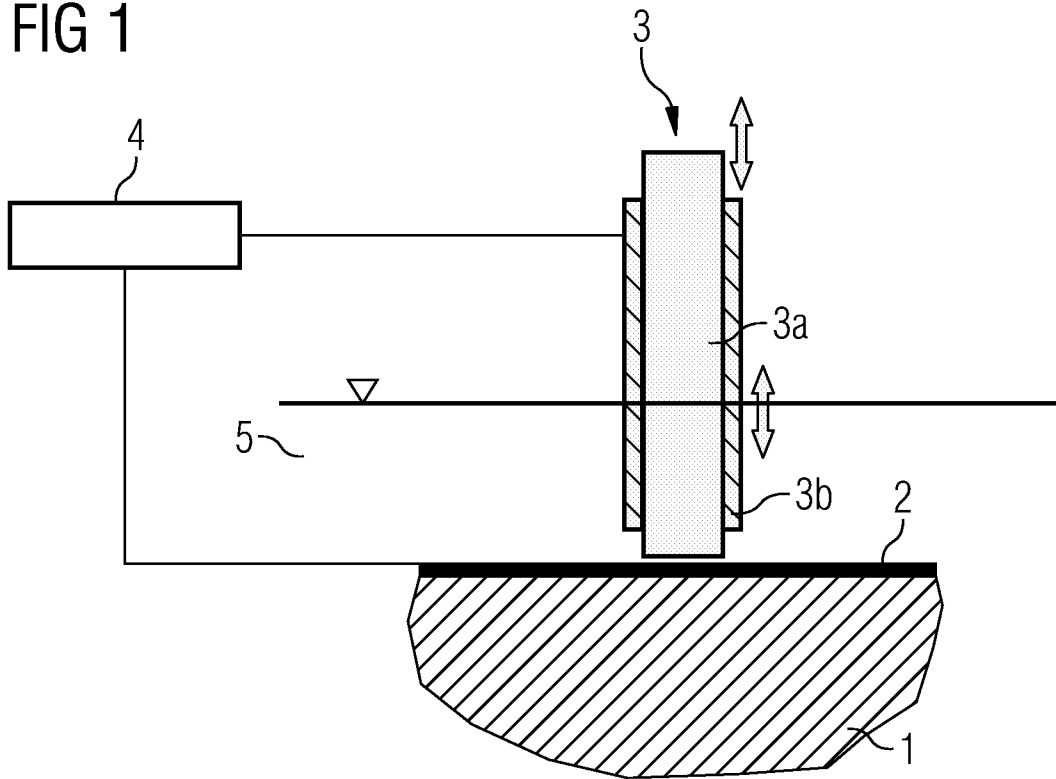
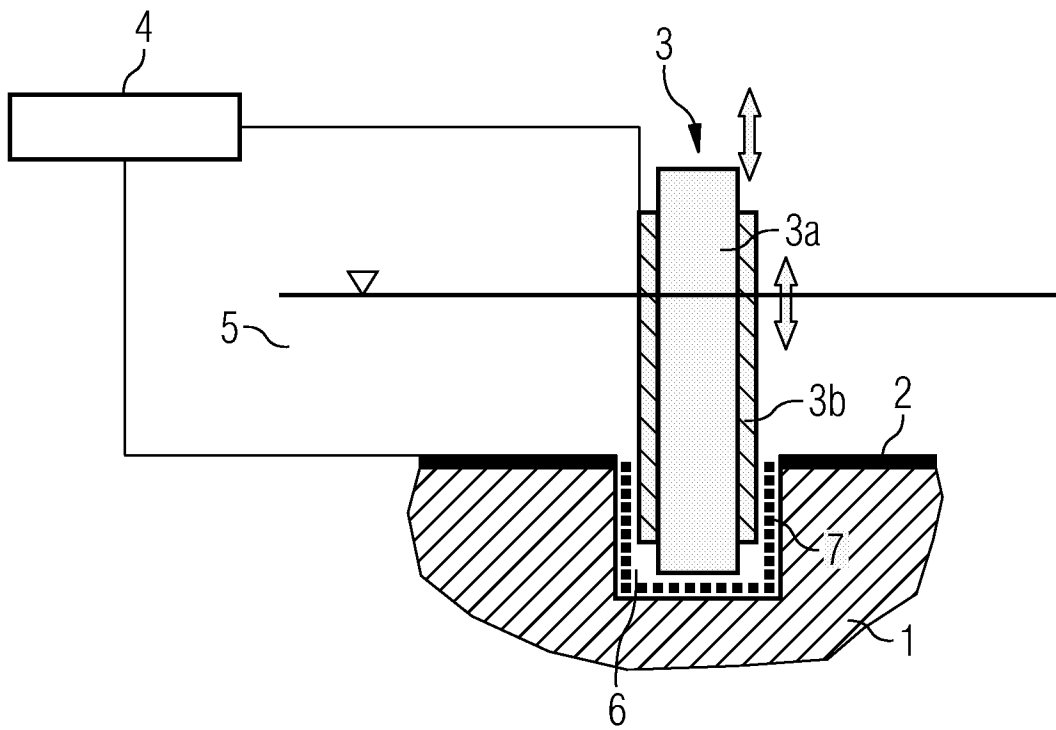


FIG 2



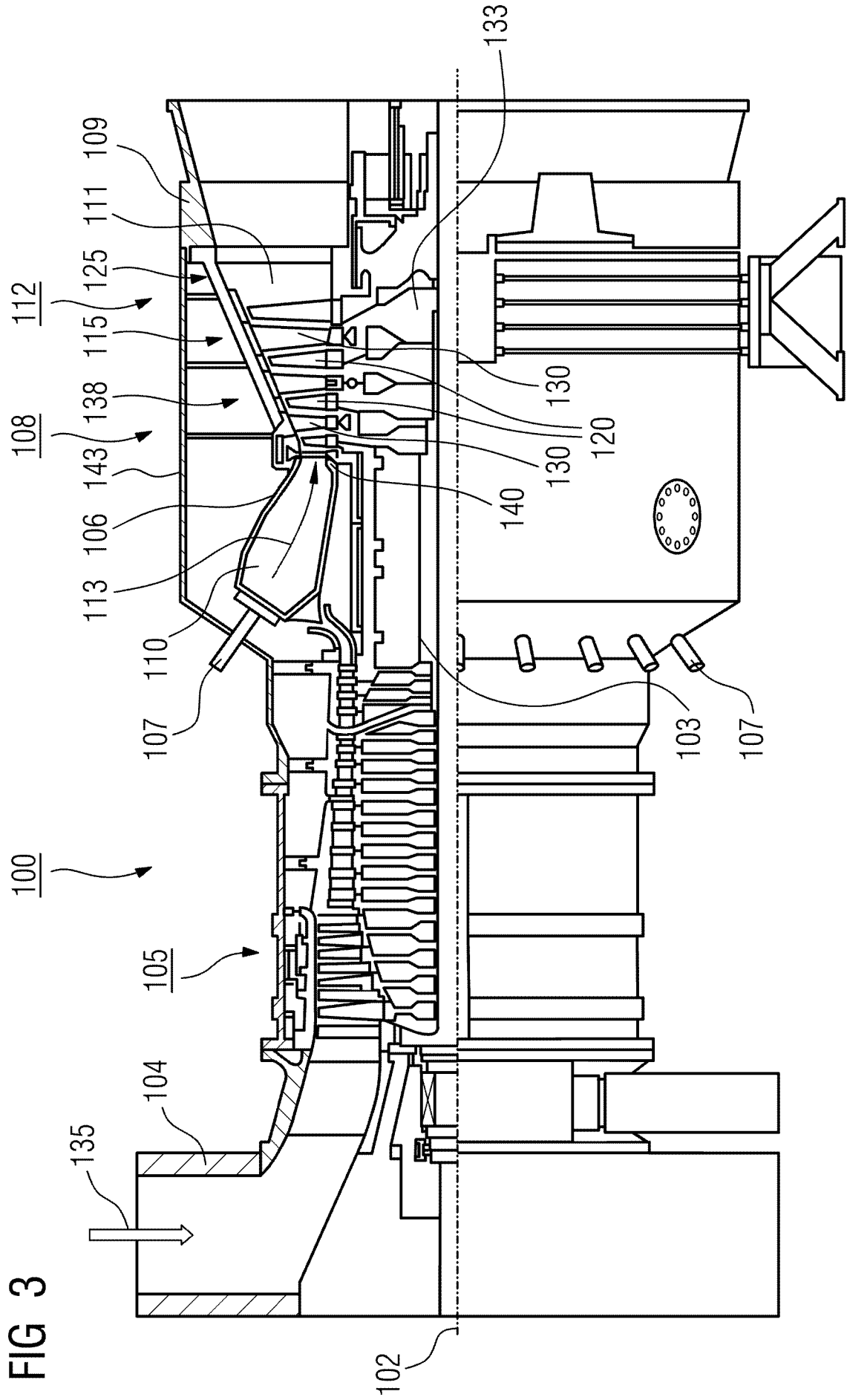


FIG 4

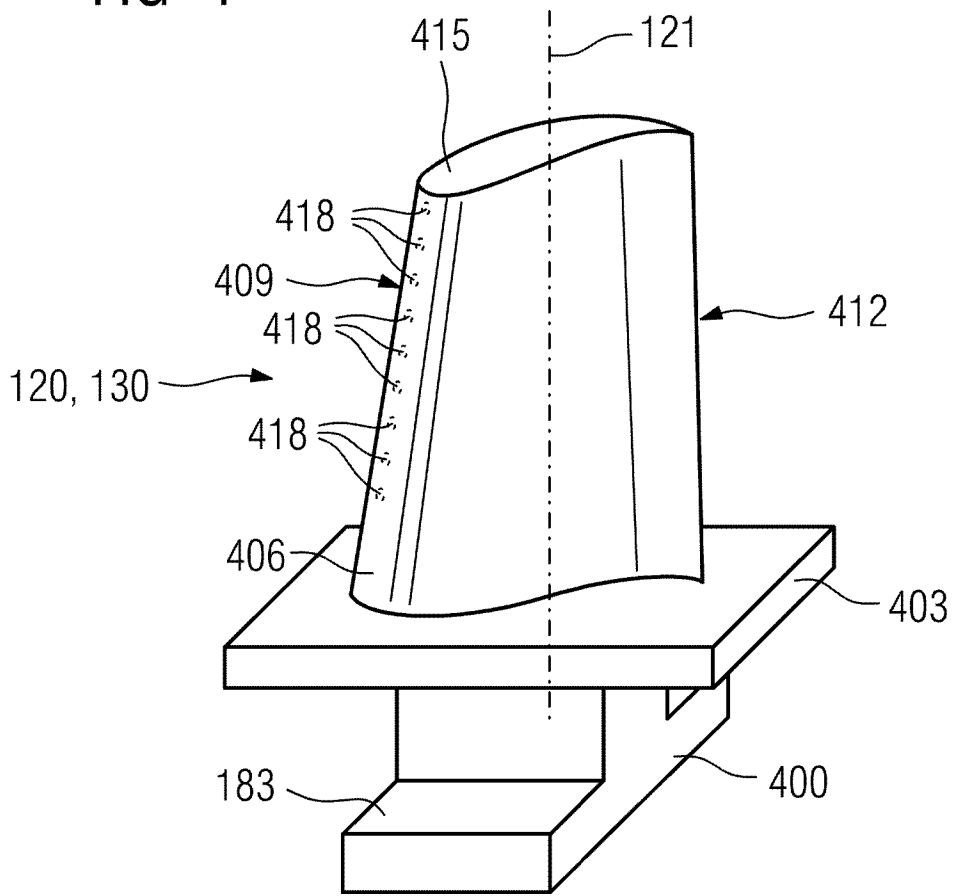
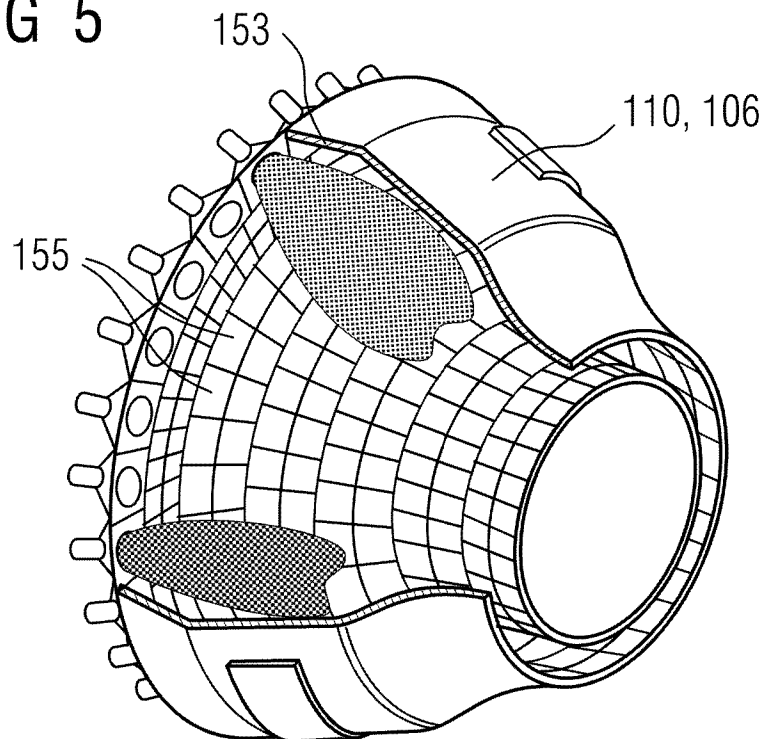


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2007/051519

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. B23H1/06 B23H9/10 B23H9/14		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B23H		
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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/057189 A1 (GROOS HEINRICH [DE] ET AL) 27 March 2003 (2003-03-27) abstract; figure 1	1-11,13
X	----- WANG W-F: "EFFECT OF TUNGSTEN PARTICLE SIZE AND COPPER CONTENT ON WORKING BEHAVIOUR OF W-CU ALLOY ELECTRODES DURING ELECTRODISCHARGE MACHINING" POWDER METALLURGY, MANEY PUBLISHING, LONDON, GB, vol. 40, no. 4, 1997, pages 295-300, XP000736537 ISSN: 0032-5899	1-5,15
A	page 295, paragraph 1 ----- -/--	11
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family 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  12 July 2007		Date of mailing of the international search report  20/07/2007
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  Jaeger, Hein

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2007/051519

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 13, 30 November 1998 (1998-11-30) & JP 10 202431 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 4 August 1998 (1998-08-04) abstract; figure 1 paragraphs [0017], [0018] -----	5-20
X	US 3 208 846 A (BRUMA MARC) 28 September 1965 (1965-09-28) claim 1 -----	1, 2, 15
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 25, 12 April 2001 (2001-04-12) & JP 2001 212723 A (HODEN SEIMITSU KAKO KENKYUSHO LTD; MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 7 August 2001 (2001-08-07) abstract -----	1-20
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 004, no. 037 (M-004), 27 March 1980 (1980-03-27) & JP 55 011728 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD), 26 January 1980 (1980-01-26) abstract -----	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2007/051519

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2003057189	A1	27-03-2003	BR 0203813 A	03-06-2003
			CA 2401102 A1	21-03-2003
			CN 1408503 A	09-04-2003
			EP 1295664 A1	26-03-2003
			HK 1053275 A1	15-12-2006
			JP 2003117732 A	23-04-2003
			KR 20030025813 A	29-03-2003
			SG 111081 A1	30-05-2005
		TW 225810 B	01-01-2005	
JP 10202431	A	04-08-1998	JP 3389034 B2	24-03-2003
US 3208846	A	28-09-1965	CH 393573 A	15-06-1965
			FR 1256576 A	24-03-1961
			FR 77824 E	27-04-1962
			GB 936818 A	11-09-1963
JP 2001212723	A	07-08-2001	NONE	
JP 55011728	A	26-01-1980	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/051519

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. B23H1/06 B23H9/10 B23H9/14		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B23H		
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		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2003/057189 A1 (GROOS HEINRICH [DE] ET AL) 27. März 2003 (2003-03-27) Zusammenfassung; Abbildung 1	1-11, 13
X	WANG W-F: "EFFECT OF TUNGSTEN PARTICLE SIZE AND COPPER CONTENT ON WORKING BEHAVIOUR OF W-CU ALLOY ELECTRODES DURING ELECTRODISCHARGE MACHINING" POWDER METALLURGY, MANEY PUBLISHING, LONDON, GB, Bd. 40, Nr. 4, 1997, Seiten 295-300, XP000736537 ISSN: 0032-5899	1-5, 15
A	Seite 295, Absatz 1	11
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* 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 nahelegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 12. Juli 2007		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 20/07/2007
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 Jaeger, Hein

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1998, Nr. 13, 30. November 1998 (1998-11-30) & JP 10 202431 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 4. August 1998 (1998-08-04) Zusammenfassung; Abbildung 1 Absätze [0017], [0018]	5-20
X	US 3 208 846 A (BRUMA MARC) 28. September 1965 (1965-09-28) Anspruch 1	1,2,15
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2000, Nr. 25, 12. April 2001 (2001-04-12) & JP 2001 212723 A (HODEN SEIMITSU KAKO KENKYUSHO LTD; MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 7. August 2001 (2001-08-07) Zusammenfassung	1-20
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 004, Nr. 037 (M-004), 27. März 1980 (1980-03-27) & JP 55 011728 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD), 26. Januar 1980 (1980-01-26) Zusammenfassung	

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/051519

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2003057189 A1	27-03-2003	BR 0203813 A	03-06-2003
		CA 2401102 A1	21-03-2003
		CN 1408503 A	09-04-2003
		EP 1295664 A1	26-03-2003
		HK 1053275 A1	15-12-2006
		JP 2003117732 A	23-04-2003
		KR 20030025813 A	29-03-2003
		SG 111081 A1	30-05-2005
		TW 225810 B	01-01-2005
-----	-----	-----	-----
JP 10202431 A	04-08-1998	JP 3389034 B2	24-03-2003
-----	-----	-----	-----
US 3208846 A	28-09-1965	CH 393573 A	15-06-1965
		FR 1256576 A	24-03-1961
		FR 77824 E	27-04-1962
		GB 936818 A	11-09-1963
-----	-----	-----	-----
JP 2001212723 A	07-08-2001	KEINE	
-----	-----	-----	-----
JP 55011728 A	26-01-1980	KEINE	
-----	-----	-----	-----