

(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
16. September 2010 (16.09.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/102608 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B23H 5/02 (2006.01) *B23H 9/10* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2010/000254
- (22) Internationales Anmeldedatum:
10. März 2010 (10.03.2010)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2009 012 612.0 11. März 2009 (11.03.2009) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): MTU AERO ENGINES GMBH [DE/DE];
Dachauer Strasse 665, 80995 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): PLATZ, Albin
[DE/DE]; Am Rosenacker 14, 86510 Ried-Baindlkirch
(DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: MTU AERO ENGINES
GMBH; Intellectual Property Management, Postfach 50
06 40, 80976 München (DE).

- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, 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, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

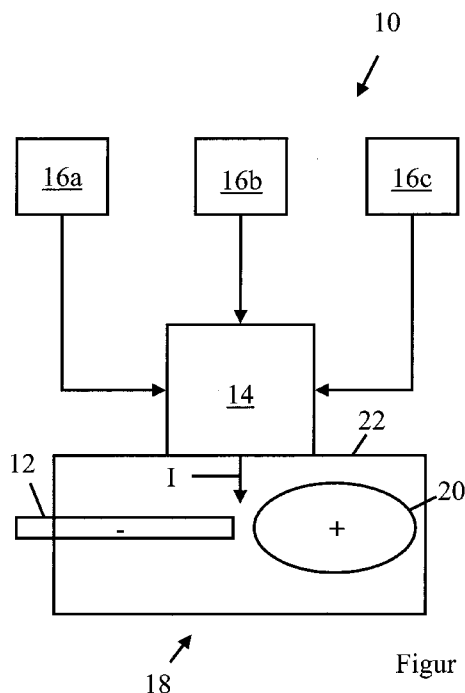
Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND ELECTRIC EROSION APPARATUS FOR PRODUCING A METAL COMPONENT FOR A TURBOMACHINE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND ELEKTRO-ERODIERVORRICHTUNG ZUM HERSTELLEN EINES METALLISCHEN BAUTEILS FÜR EINE STRÖMUNGSMASCHINE



Figur

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a metal component for a turbomachine, in particular for a thermal gas turbine, wherein at least the steps a) providing a component blank (20), which has a rough contour and is made of a metal material, b) removing material of the component blank (20) by way of a spark erosion method, wherein an intermediate contour is generated which corresponds to a final contour of the component and is oversized compared to the final contour, and c) removing material from the component blank (20) machined according to step b) by way of an electrochemical removal method, wherein the final contour of the component is produced, are carried out. The invention further relates to an electric erosion apparatus for producing a metal component for a turbomachine and to a component for a turbomachine.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines metallischen Bauteils für eine Strömungsmaschine, insbesondere für eine thermische Gasturbine, bei welchem zumindest die Schritte a) Bereitstellen eines Bauteilrohlings (20), welcher eine Rohkontur aufweist und aus einem metallischen Werkstoff besteht, b) Abtragen von Werkstoff des Bauteilrohlings (20) mittels eines Funkenerodierverfahrens, wobei eine mit einer Endkontur des Bauteils korrespondierende Zwischenkontur erzeugt wird, welche ein Aufmaß gegenüber der Endkontur aufweist, und c) Abtragen von Werkstoff des nach Schritt b) bearbeiteten Bauteilrohlings (20) mittels eines elektrochemischen Abtragverfahrens,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



-
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Verfahren und Elektro-Erodiervorrichtung zum Herstellen eines metallischen Bauteils für
eine Strömungsmaschine

Beschreibung

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Elektro-Erodiervorrichtung zum Herstellen eines metallischen Bauteils für eine Strömungsmaschine, insbesondere für eine thermische Gasturbine. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Bauteil, welches mittels eines derartigen Verfahrens bzw. einer derartigen Elektro-Erodiervorrichtung hergestellt ist.

10

Metallische Bauteile für Strömungsmaschinen, beispielsweise Triebwerksschaufeln oder integrale Laufräder für thermische Gasturbinen, müssen in der Regel hohe chemische, thermische und mechanische Belastungen aushalten. Daher sind sie aus extrem harten und schwer zerspanbaren Werkstoffen wie gehärtetem Stahl, Titan-, Kupfer- oder Nickellegierungen, Hartmetall und dergleichen gefertigt. Die Herstellung derartiger Bauteile erfolgt daher üblicherweise mit Hilfe von chemischen Elektro-Erosionsverfahren, die sich des Grundprinzips einer elektrolytischen Zelle bedienen und Elektrolytlösungen als Arbeitsflüssigkeiten verwenden. Eine zur Durchführung eines chemischen Elektro-Erosionsverfahrens geeignete Elektro-Erodiervorrichtung ist beispielsweise der
15 US 3 928 163 zu entnehmen, bei welcher eine Erodier Elektrode in Richtung der Elektrodenachse mit einem Arbeitsmedium beaufschlagbar ist, um diese zu kühlen.

20

Die Herstellung derartiger Bauteile umfasst mehrere Verfahrensschritte, die teilweise iterativ durchgeführt werden müssen, da sich über die Bauteiloberfläche unterschiedlich schnelle Abtragsprozesse ausbilden. Zur Herstellung eines Bauteils, welches als integrales Verdichterlaufrad einer thermischen Gasturbine ausgebildet ist, wird beispielsweise ausgehend von einem Bauteilrohling mit einer vergleichsweise groben Rohkontur durch ein elektrochemisches Metallbearbeitungsverfahren (ECM) ein Bauteilrohling mit einer Zwischenkontur erzeugt, wobei die Zwischenkontur bereits ein möglichst gleichmäßiges Aufmaß
25 gegenüber einer vorbestimmten Endkontur aufweist. Schließlich wird durch weiteren Materialabtrag das endgültige Bauteil mit der gewünschten Endkontur erzeugt. Der letzte

30

Schritt erfolgt dabei mit Hilfe von präzisen elektrochemischen Metallbearbeitungsverfahren (PECM).

Besondere Probleme ergeben sich insbesondere während der Bearbeitung der Rohkontur des Bauteilrohlings, da zunächst über die zu bearbeitende Oberfläche sehr unterschiedliche Abstände zwischen einer Erodier Elektrode der Elektro-Erodiervorrichtung und dem Bauteilrohling vorliegen. Zwar werden die Abstände im Verlauf des Verfahrens zunehmend an die Elektrodenform der Erodier Elektrode angeglichen, durch Streuwirkung des Stromes insbesondere an Stellen mit Seitenspalt erfolgt jedoch unkontrollierter Abtrag. Ein über die Oberfläche des Bauteilrohlings zumindest weitgehend äquidistantes Aufmaß der Zwischenkontur stellt jedoch eine Voraussetzung für die Erzeugung einer präzisen Endkontur des endgültigen Bauteils dar. Daher ist die Herstellung eines Bauteilrohlings mit einer Zwischenkontur mit zumindest weitgehend äquidistantem Aufmaß zur Endkontur des Bauteils nur mit größerem iterativem Aufwand zu bewerkstelligen, wodurch lange Produktionszeiten und entsprechend hohe Produktionskosten entstehen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Möglichkeit zur beschleunigten und kostengünstigeren Herstellung von Bauteilen für Strömungsmaschinen zu schaffen, wobei insbesondere auch Bauteile aus schwer zerspanbaren metallischen Werkstoffen entsprechend verbessert herstellbar sein sollen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Herstellen eines metallischen Bauteils für eine Strömungsmaschine gemäß Patentanspruch 1 und eine Elektro-Erodiervorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 10 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweiligen Unteransprüchen angegeben, wobei vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens als vorteilhafte Ausgestaltungen der Elektro-Erodiervorrichtung und umgekehrt anzusehen sind.

Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Herstellen eines metallischen Bauteils für eine Strömungsmaschine, insbesondere für eine thermische Gasturbine, werden zumindest die Schritte a) Bereitstellen eines Bauteilrohlings, welcher eine Rohkontur aufweist und

aus einem metallischen Werkstoff besteht, b) Abtragen von Werkstoff des Bauteilrohlings mittels eines Funkenerodiervorgangs, wobei eine mit einer Endkontur des Bauteils korrespondierende Zwischenkontur erzeugt wird, welche ein Aufmaß gegenüber der Endkontur aufweist und c) Abtragen von Werkstoff des nach Schritt b) bearbeiteten Bauteilroh-
5 lings mittels eines elektrochemischen Abtragsverfahrens (ECM), wobei die Endkontur des Bauteils erzeugt wird, durchgeführt. Indem Schritt b) im Gegensatz zum Stand der Technik mit Hilfe eines Funkenerodiervorgangs durchgeführt wird, ist bereits vor dem Erzeugen der Endkontur die Darstellung exakter geometrischer Abbildungen möglich, ohne dass Streuwirkungen und Beeinflussungen durch Kanten, Seitenspalte oder dergleichen des
10 Bauteilrohlings auftreten. Dabei können in Schritt a) Bauteilrohlinge mit einer praktisch beliebigen Rohkontur verwendet werden. Im Unterschied zu chemischen Elektro-
Erosionsverfahren wird das Bauteil beim funkenerosiven Abtragen in einem Dielektrikum und nicht in einer Elektrolytlösung bearbeitet. Das Dielektrikum dient zur Isolation zwischen Bauteil und Erodier Elektrode, Einstellung günstiger Ionisierungseigenschaften, Ein-
15 schnürung des Entladekanals, Abtransport der Abtragpartikel und Kühlung von Erodier-
elektrode und Bauteil bzw. Bauteilrohling. Als Dielektrikum können beispielsweise Kohlenwasserstoffe verwendet werden. Der hierdurch hergestellte Bauteilrohling besitzt bereits eine Zwischenkontur mit einem zumindest weitgehend äquidistanten Aufmaß gegenüber der gewünschten Endkontur und kann in Schritt c), dem abschließenden ECM-Schritt,
20 problemlos in engem Toleranzbereich ohne weitere Iterationen fertiggestellt werden. Auf diese Weise können auch Bauteile mit komplexen Endkonturen präzise und schnell ohne die Notwendigkeit von Iterationsschritten hergestellt werden, wodurch sich beispielsweise sehr kurze Entwicklungszeiten für Bauteile mit neuer Geometrie sowie die schnelle und kostengünstige Herstellung von Bauteilen zu Testzwecken realisieren lassen. Dabei können
25 insbesondere auch Bauteile aus schwer zerspanbaren metallischen Werkstoffen entsprechend verbessert hergestellt werden. Da während dem Abtragen des Werkstoffs keine mechanischen Belastungen auf den Bauteilrohling einwirken, können auch dünnwandige Zwischenkonturbereiche problemlos hergestellt werden. Ferner können in Schritt a) Bauteilroh-
linge bereitgestellt werden, die bereits eine Rohkontur mit einem sehr geringen Aufmaß zur
30 Zwischenkontur und damit zur Endkontur aufweisen, da beim anschließenden Funkenerodieren keine Streuwirkung auftritt und der Funkenspalte eine definierte Distanz nicht über-

schreitet. Dies führt zu einer weiteren Reduzierung der Bearbeitungszeit und damit zu einer erheblichen Senkung der Produktionskosten.

5 In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Bauteilrohling vor Schritt a) zunächst durch ein Trennverfahren, insbesondere durch ein Auskammerverfahren, aus einem Halbzeug hergestellt wird. Dies ermöglicht eine weitere Beschleunigung und Verbilligung des Herstellungsverfahrens, da die dadurch erzeugte Rohkontur auch bei Bauteilrohlingen mit komplexen Oberflächengeometrien bereits stark mit der im anschließenden Schritt b) zu erzeugenden Zwischenkontur korrespondiert.

10

Weitere Vorteile ergeben sich, indem als Trennverfahren ein elektrochemisches Metallbearbeitungsverfahren (ECM) verwendet wird. Dies stellt eine einfache Möglichkeit dar, die Genauigkeit der dabei verwendeten Erodier Elektrode in Form, Maß und Oberflächenstruktur schnell auf dem Bauteilrohling abzubilden.

15

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Zwischenkontur in Schritt b) mit einem Aufmaß zwischen 0,02 mm und 1,5 mm, insbesondere zwischen 0,05 mm und 1,2 mm, insbesondere zwischen 0,1 mm und 1,0 mm, gegenüber der Endkontur erzeugt wird. Dies erlaubt eine besonders einfache, schnelle und präzise Erzeugung der Endkontur im anschließenden Schritt c). Auf Iterationsschritte und dergleichen kann verzichtet werden.

20

In weiterer Ausgestaltung hat es sich als vorteilhaft gezeigt, wenn die Zwischenkontur in Schritt b) mit einem äquidistanten Aufmaß gegenüber der Endkontur erzeugt wird. Auf diese Weise ist eine besonders einfache, schnelle und präzise Erzeugung der Endkontur im anschließenden Schritt c) ermöglicht. Unter einem äquidistanten Aufmaß sind dabei auch Aufmasse mit geringen Abweichungen im Rahmen von Messfehlern, Systemfehlern, DIN-Toleranzen und dergleichen als vom Rahmen der Erfindung mitumfasst anzusehen.

25

30 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass in Schritt b) ein Senkerodierverfahren als Funkenerodierverfahren verwendet wird. Beim Senkerodie-

ren besitzt die Erodier Elektrode eine Negativform der zu erzeugenden Zwischenkontur, wodurch besonders kurze Produktionszyklen erzielt werden. Unter Senkerodierverfahren sind neben Verfahren mit linearer Vorschubbewegung der Erodier Elektrode auch Planetärerodierverfahren und bahngesteuerte Erodierverfahren zu verstehen.

5

Weitere Vorteile ergeben sich, wenn in Schritt c) ein präzises elektrochemisches Metallbearbeitungsverfahren (PECM) als elektrochemisches Abtragverfahren verwendet wird.

Hierdurch kann das gewünschte Bauteil schnell und präzise ohne Elektrodenverschleiß und mit höchster Oberflächengüte hergestellt werden. Zudem entfallen etwaige Nachbearbei-

10

tungsschritte wie Entgraten, Polieren, Reinigen und dergleichen.

Dabei hat es sich als vorteilhaft gezeigt, wenn eine Maßtoleranz der Endkontur unterhalb von 0,2 mm, insbesondere unterhalb von 0,1 mm, liegt und/oder eine mittlere Rauheit einer Oberfläche des Bauteils weniger als 0,3 mm, insbesondere weniger als 0,2 mm, beträgt.

15

Dies ermöglicht die zuverlässige Einhaltung der für Strömungsmaschinen geforderten Fertigungstoleranzen.

Indem als Bauteil eine Triebwerkschaufel und/oder ein integrales Laufrad einer thermischen Gasturbine hergestellt wird, können die genannten Vorteile im Hinblick auf hohe

20

Fertigungsqualität bei gleichzeitig schneller und kostengünstiger Verfahrensdurchführung auch für derartige Bauteile verwirklicht werden, die aus schwer zu zerspanenden Werkstoffen bestehen.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine Elektro-Erodier Vorrichtung zum Herstellen eines metallischen Bauteils für eine Strömungsmaschine, umfassend eine Erodier Elektrode und eine Zuführeinrichtung, mittels welcher eine Arbeitsflüssigkeit von einem Vorratsbehälter in einen Arbeitsbereich der Elektro-Erodier Vorrichtung einbringbar ist, wobei ein Bauteilrohling aus einem metallischen Werkstoff im Arbeitsbereich anordenbar und zum Abtragen des Werkstoffs als Gegenelektrode der Erodier Elektrode schaltbar ist. Eine Möglichkeit zur beschleunigten und kostengünstigeren Herstellung von Bauteilen für Strömungsmaschinen ist dabei erfindungsgemäß dadurch geschaffen, dass die Zuführeinrich-

30

tung einen weiteren Vorratsbehälter für eine weitere Arbeitsflüssigkeit umfasst und ausgebildet ist, die Arbeitsflüssigkeiten unabhängig voneinander in den Arbeitsbereich einzubringen. Hierdurch ist es im Gegensatz zum Stand der Technik möglich, sowohl funkenerosive als auch elektrochemische Abtragverfahren mittels der Elektro-Erodiervorrichtung durchzuführen. Für funkenerosive Abtragverfahren ist dabei als Arbeitsflüssigkeit ein Dielektrikum, für elektrochemische Abtragverfahren eine Elektrolytlösung als Arbeitsflüssigkeit vorzusehen, welchen mittels der Zuführeinrichtung unabhängig voneinander, d.h. getrennt voneinander oder gemeinsam, in den Arbeitsbereich einbringbar sind. Durch ein gemeinsames Einbringen ist zudem die Möglichkeit geschaffen, die Dielektrizitätskonstante und die Leitfähigkeit der Arbeitsflüssigkeit durch Einstellen entsprechender Mischungsverhältnisse variabel über einen weiten Bereich einzustellen. Dies erlaubt eine einfache Anpassung an unterschiedliche Werkstoffe und Bauteilgeometrien. Dabei sind insbesondere auch Bauteile aus schwer zerspanbaren metallischen Werkstoffen entsprechend verbessert herstellbar.

15

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Arbeitsbereich eine Arbeitskammer umfasst, in welcher das Abtragen des Werkstoffs durchführbar ist. Durch eine räumlich begrenzte Arbeitskammer kann die benötigte Menge an Arbeitsflüssigkeit vorteilhaft reduziert werden. Weiterhin kann über die Strömungsgeschwindigkeit der Arbeitsflüssigkeit durch die Arbeitskammer in Abhängigkeit des jeweils durchgeführten Abtragsverfahrens – funkenerosiv oder elektrochemisch - gezielt Einfluss auf verschiedene Prozessparameter genommen werden, wodurch die Elektro-Erodiervorrichtung eine besonders schnelle und präzise Herstellung des jeweiligen Bauteils ermöglicht.

25

In weiterer Ausgestaltung hat es sich als vorteilhaft gezeigt, wenn die Zuführeinrichtung wenigstens einen zusätzlichen Vorratsbehälter für eine Spülflüssigkeit umfasst und ausgebildet ist, die Spülflüssigkeit in den Arbeitsbereich einzubringen. Dies ermöglicht die Durchführung von Spülvorgängen, was sich insbesondere beim Umschalten zwischen funkenerosivem und elektrochemischem Abtragen, d.h. beim Wechsel zwischen Dielektrikum und Elektrolytlösung, als vorteilhaft gezeigt hat. Vorzugsweise ist die Zuführeinrichtung

30

dabei ausgebildet, die Spülflüssigkeit getrennt von den Arbeitsflüssigkeiten in den Arbeitsbereich einzubringen. Als Spülflüssigkeit kann beispielsweise Wasser vorgesehen sein.

In weiterer Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Elektro-Erodiervorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele ausgebildet ist. Die sich hieraus ergebenden Vorteile sind den vorhergehenden Beschreibungen zu entnehmen.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Bauteil für eine Strömungsmaschine, insbesondere für eine thermische Gasturbine, welches aus einem metallischen Werkstoff besteht und eine Endkontur besitzt, wobei erfindungsgemäß vorgesehen ist, dass das Bauteil mittels eines Verfahrens und/oder mittels einer Elektro-Erodiervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele hergestellt ist. Die sich hieraus ergebenden Vorteile sind den vorhergehenden Beschreibungen zu entnehmen. Das Bauteil kann aus einem schwer zerspanbaren Material, beispielsweise einem Edelstahl, einer Kupfer-, Nickel-, Cobalt- oder Titanbasislegierung, einer Messinglegierung oder dergleichen bestehen.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich anhand der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels sowie anhand der Zeichnungen, wobei die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in den Ausführungsbeispielen genannten Merkmale und Merkmalskombinationen nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Dabei zeigt die einzige Figur eine Prinzipdarstellung einer Elektro-Erodiervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Die einzige Figur zeigt eine Prinzipdarstellung einer Elektro-Erodiervorrichtung 10 zum Herstellen eines als Triebwerkschaufel ausgebildeten, metallischen Bauteils für eine thermische Gasturbine (nicht gezeigt). Die Elektro-Erodiervorrichtung 10 umfasst eine vorliegend als Kathode geschaltete Erodier Elektrode 12 sowie eine Zuführeinrichtung 14, mittels welcher zwei unterschiedliche Arbeitsflüssigkeiten gemäß Pfeil I unabhängig voneinander

- aus jeweils zugeordneten Vorratsbehältern 16a, 16b in einen Arbeitsbereich 18 der Elektro-
Erodiervorrichtung 10 einbringbar sind. Weiterhin umfasst die Zuführeinrichtung einen
weiteren Vorratsbehälter 16c für eine Spülflüssigkeit und ist ausgebildet, die Spülflüssig-
keit unabhängig von den Arbeitsflüssigkeiten gemäß Pfeil I in den Arbeitsbereich 18 ein-
zubringen. Im Arbeitsbereich 18 ist ein Bauteilrohling 20 aus einem metallischen Werk-
stoff angeordnet und zum Abtragen des Werkstoffs als Anode geschaltet. Der Arbeitsbe-
reich 18 umfasst eine Arbeitskammer 22, in welcher das Abtragen des Werkstoffs durchge-
führt wird.
- 10 Zum Herstellen des Bauteils wird zunächst ein Halbzeug (nicht gezeigt) im Arbeitsbereich
18 angeordnet. Durch ein Auskammervorgang wird aus dem Halbzeug der gezeigte Bau-
teilrohling 20 hergestellt, welcher eine Rohkontur aufweist. Zum Auskammern wird dabei
ein elektrochemisches Metallbearbeitungsverfahren (ECM) verwendet, zu dessen Durch-
führung mittels der Zuführeinrichtung 14 die erste Arbeitsflüssigkeit aus dem Vorratsbe-
15 hälter 16a in die Arbeitskammer 22 eingebracht wird. Als erste Arbeitsflüssigkeit wird eine
Elektrolytlösung verwendet.
- Anschließend wird bedarfsweise mittels der Zuführeinrichtung 14 ein Spülvorgang durch-
geführt, indem Spülflüssigkeit, beispielsweise Wasser, aus dem dritten Vorratsbehälter 16c
20 in die Arbeitskammer 22 eingebracht wird. Hierdurch werden Reste der Elektrolytlösung
entfernt und die Oberfläche des Bauteilrohlings für den nächsten Verfahrensschritt gerei-
nigt.
- Im nächsten Verfahrensschritt wird Werkstoff des Bauteilrohlings 20 mittels eines Senk-
25 erodierverfahrens abgetragen, wobei eine mit einer Endkontur des herzustellenden Bauteils
korrespondierende Zwischenkontur erzeugt wird. Hierbei wird mittels der Zuführeinrich-
tung 14 die zweite Arbeitsflüssigkeit aus dem Vorratsbehälter 16b in die Arbeitskammer
22 eingebracht. Als zweite Arbeitsflüssigkeit wird ein Dielektrikum, beispielsweise ein
Kohlenwasserstoff, verwendet. Die erzeugte Zwischenkontur weist ein äquidistantes Auf-
30 maß zwischen 0,1 mm und 1,0 mm gegenüber der gewünschten Endkontur des fertigen
Bauteils auf.

Anschließend kann bedarfsweise mittels der Zuführeinrichtung 14 erneut ein Spülvorgang durchgeführt werden, wobei die gleiche oder eine unterschiedliche Spüllösung verwendet werden kann.

5

Im letzten Verfahrensschritt wird erneut Werkstoff des vorbearbeiteten Bauteilrohlings 20 abgetragen, wodurch die Endkontur des Bauteils erzeugt wird. Zum Abtragen wird dabei ein präzises elektrochemisches Metallbearbeitungsverfahren (PECM) verwendet. Die Maßtoleranz der Endkontur des fertigen Bauteils liegt unterhalb von 0,1 mm. Die mittlere Rauheit der Oberfläche des Bauteils beträgt weniger als 0,2 mm.

10

Anstelle eines als Triebwerkschaufel ausgebildeten Bauteils können mittels der Elektro-Erodiervorrichtung 10 bzw. des Verfahrens auch andere Bauteiltypen für Strömungsmaschinen wie beispielsweise integrale Rotoren, Leitschaufeln und dergleichen hergestellt werden.

15

Die in den Unterlagen angegebenen Parameterwerte zur Definition von Prozess- und Messbedingungen für die Charakterisierung von spezifischen Eigenschaften des Erfindungsgegenstands sind auch im Rahmen von Abweichungen - beispielsweise aufgrund von Messfehlern, Systemfehlern, DIN-Toleranzen und dergleichen - als vom Rahmen der Erfindung mitumfasst anzusehen.

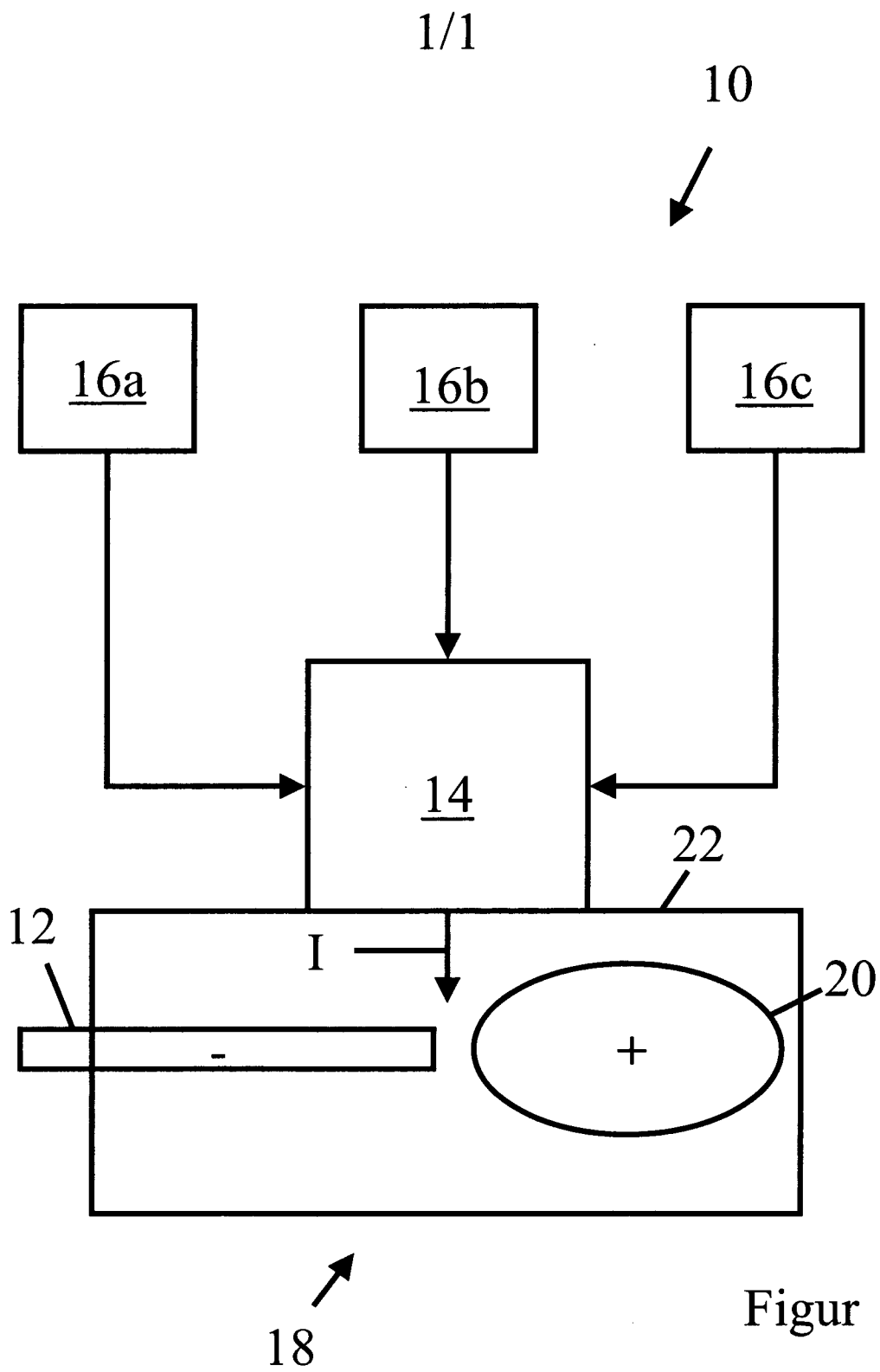
20

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines metallischen Bauteils für eine Strömungsmaschine,
5 insbesondere für eine thermische Gasturbine, folgende Schritte umfassend:
 - a) Bereitstellen eines Bauteilrohlings (20), welcher eine Rohkontur aufweist und aus einem metallischen Werkstoff besteht;
 - b) Abtragen von Werkstoff des Bauteilrohlings (20) mittels eines Funkenerodiervorgangs, wobei eine mit einer Endkontur des Bauteils korrespondierende Zwischenkontur erzeugt wird, welche ein Aufmaß gegenüber der
10 Endkontur aufweist; und
 - c) Abtragen von Werkstoff des nach Schritt b) bearbeiteten Bauteilrohlings (20) mittels eines elektrochemischen Abtragsverfahrens, wobei die Endkontur des Bauteils erzeugt wird.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Bauteilrohling (20) vor Schritt a) zunächst durch ein Trennverfahren, insbesondere durch ein Auskammverfahren, aus einem Halbzeug hergestellt wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Trennverfahren ein elektrochemisches Metallbearbeitungsverfahren (ECM) verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenkontur in Schritt b) mit einem Aufmaß zwischen 0,02 mm und 1,5 mm,
25 insbesondere zwischen 0,05 mm und 1,2 mm, insbesondere zwischen 0,1 mm und 1,0 mm, gegenüber der Endkontur erzeugt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenkontur in Schritt b) mit einem äquidistanten Aufmaß gegenüber der Endkontur erzeugt wird.
30

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt b) ein Senkerodierverfahren als Funkenerodierverfahren verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt c) ein präzises elektrochemisches Metallbearbeitungsverfahren (PECM) als elektrochemisches Abtragverfahren verwendet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Maßtoleranz der Endkontur unterhalb von 0,2 mm, insbesondere unterhalb von 0,1 mm, liegt und/oder eine mittlere Rauheit einer Oberfläche des Bauteils weniger als 0,3 mm, insbesondere weniger als 0,2 mm, beträgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass als Bauteil eine Triebwerkschaufel und/oder ein integrales Laufrad einer thermischen Gasturbine hergestellt wird.
10. Elektro-Erodiervorrichtung (10) zum Herstellen eines metallischen Bauteils für eine Strömungsmaschine, umfassend eine Erodier Elektrode (12) und eine Zuführeinrichtung (14), mittels welcher eine Arbeitsflüssigkeit von einem Vorratsbehälter (16a) in einen Arbeitsbereich (18) der Elektro-Erodiervorrichtung (10) einbringbar ist, wobei ein Bauteilrohling (20) aus einem metallischen Werkstoff im Arbeitsbereich (18) anordenbar und zum Abtragen des Werkstoffs als Gegenelektrode der Erodier Elektrode schaltbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuführeinrichtung (14) einen weiteren Vorratsbehälter (16b) für eine weitere Arbeitsflüssigkeit umfasst und ausgebildet ist, die Arbeitsflüssigkeiten unabhängig voneinander in den Arbeitsbereich (18) einzubringen.
11. Elektro-Erodiervorrichtung (10) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Arbeitsbereich (18) eine Arbeitskammer (22) umfasst, in welcher das Abtragen des Werkstoffs durchführbar ist.

12. Elektro-Erodiervorrichtung (10) nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuführeinrichtung (14) wenigstens einen zusätzlichen Vorratsbehälter (16c) für eine Spülflüssigkeit umfasst und ausgebildet ist, die Spülflüssigkeit in den Arbeitsbereich (18) einzubringen.
- 5 13. Elektro-Erodiervorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass diese zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausgebildet ist.
- 10 14. Bauteil für eine Strömungsmaschine, insbesondere für eine thermische Gasturbine, welches aus einem metallischen Werkstoff besteht und eine Endkontur besitzt, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil mittels eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 und/oder mittels einer Elektro-Erodiervorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 10 bis 13 hergestellt ist.



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/DE2010/000254

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. B23H5/02 B23H9/10
 ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CH 594 478 A5 (CHARMILLES SA ATELIERS) 13 January 1978 (1978-01-13)	1,4-8, 10-13
Y	column 1, line 1 - line 7 column 1, line 51 - line 66 column 2, line 34 - column 3, line 10 figures	2,3,9
X	US 2003/024825 A1 (LAMPHERE MICHAEL SCOTT [US] ET AL) 6 February 2003 (2003-02-06)	14
Y	page 1, paragraph 0007 - paragraph 0008 page 2, paragraph 0023 - paragraph 0024	2,3,9
A	WO 2009/011985 A1 (GEN ELECTRIC [US]; TRIMMER ANDREW LEE [US]; KRAY NICHOLAS JOSEPH [US];) 22 January 2009 (2009-01-22) page 1, paragraph 0003 page 9, paragraph 0027	1-14
	----- -/-- -----	

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ 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

19 July 2010

Date of mailing of the international search report

27/07/2010

Name and mailing address of the ISA/
 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Haegeman, Marc

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/DE2010/000254

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	DE 10 2008 008894 A1 (MAN TURBO AG [DE]) 20 August 2009 (2009-08-20) page 2, paragraph 0001 page 2, paragraph 0007 page 2, paragraph 0010 -----	1,6,8,9, 14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2010/000254

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
CH 594478	A5	13-01-1978	DE 2754904 A1	06-07-1978
			FR 2374997 A1	21-07-1978
			GB 1595485 A	12-08-1981
			JP 53078499 A	11-07-1978
			US 4134807 A	16-01-1979
US 2003024825	A1	06-02-2003	NONE	
WO 2009011985	A1	22-01-2009	CA 2693561 A1	22-01-2009
			EP 2170546 A1	07-04-2010
			US 2009020509 A1	22-01-2009
DE 102008008894	A1	20-08-2009	WO 2009100745 A1	20-08-2009

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2010/000254

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. B23H5/02 B23H9/10

ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter 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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	CH 594 478 A5 (CHARMILLES SA ATELIERS) 13. Januar 1978 (1978-01-13)	1,4-8, 10-13
Y	Spalte 1, Zeile 1 - Zeile 7 Spalte 1, Zeile 51 - Zeile 66 Spalte 2, Zeile 34 - Spalte 3, Zeile 10 Abbildungen	2,3,9
X	US 2003/024825 A1 (LAMPHERE MICHAEL SCOTT [US] ET AL) 6. Februar 2003 (2003-02-06)	14
Y	Seite 1, Absatz 0007 - Absatz 0008 Seite 2, Absatz 0023 - Absatz 0024	2,3,9
A	WO 2009/011985 A1 (GEN ELECTRIC [US]; TRIMMER ANDREW LEE [US]; KRAY NICHOLAS JOSEPH [US];) 22. Januar 2009 (2009-01-22) Seite 1, Absatz 0003 Seite 9, Absatz 0027	1-14
	----- -/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



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 naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

19. Juli 2010

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/07/2010

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Haegeman, Marc

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2010/000254

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X,P	DE 10 2008 008894 A1 (MAN TURBO AG [DE]) 20. August 2009 (2009-08-20) Seite 2, Absatz 0001 Seite 2, Absatz 0007 Seite 2, Absatz 0010 -----	1,6,8,9, 14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2010/000254

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CH 594478	A5	13-01-1978	DE 2754904 A1 06-07-1978
			FR 2374997 A1 21-07-1978
			GB 1595485 A 12-08-1981
			JP 53078499 A 11-07-1978
			US 4134807 A 16-01-1979
US 2003024825	A1	06-02-2003	KEINE
WO 2009011985	A1	22-01-2009	CA 2693561 A1 22-01-2009
			EP 2170546 A1 07-04-2010
			US 2009020509 A1 22-01-2009
DE 102008008894	A1	20-08-2009	WO 2009100745 A1 20-08-2009