

(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
8. Januar 2015 (08.01.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/000714 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C23C 4/08 (2006.01) C23C 4/02 (2006.01)
C23C 4/12 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/062933

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Juni 2014 (19.06.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 212 929.7 3. Juli 2013 (03.07.2013) DE

(71) Anmelder: LUFTHANSA TECHNIK AG [DE/DE]; Weg
beim Jäger 193, 22335 Hamburg (DE).

(72) Erfinder: GARTNER, Thomas; Iflandstr. 85, 22087
Hamburg (DE). SIRY, Christian; Woderichweg 6, 22335
Hamburg (DE). KASSNER, Holger; Eilbektal 1a, 22089
Hamburg (DE).

(74) Anwalt: MÜLLER VERWEYEN PATENTANWÄLTE;
Friedensallee 290, 22763 Hamburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, 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, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR APPLYING MATERIAL

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM AUFTRAGEN VON MATERIAL

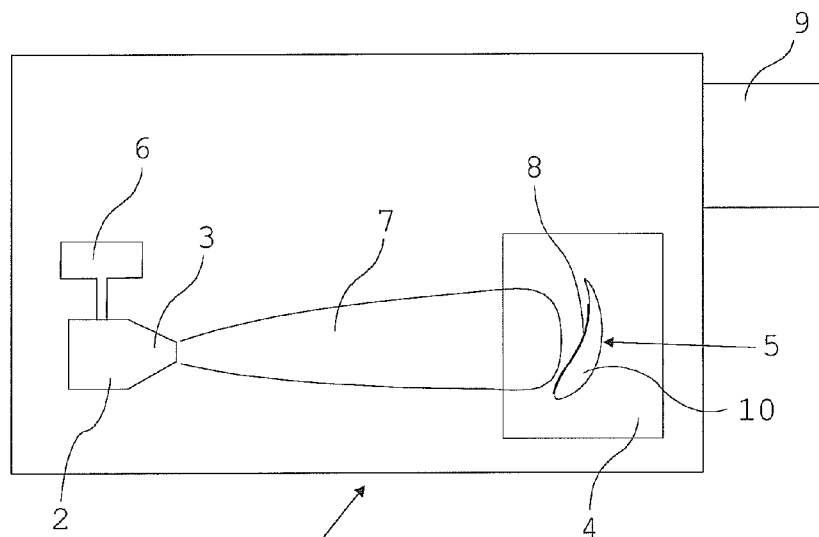


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for applying material (8) to a base material (10) of a component (5), wherein the component (5) and a plasma nozzle (3) are arranged in a low-pressure chamber (1). The material (8) is introduced into the region of action of a plasma flame (7) generated by the plasma nozzle (3). The material (8) introduced is converted entirely into the gaseous phase. Material is applied to the component (5) by condensation and/or resublimation of material (8) from the gaseous phase, wherein the base material (10) and the applied material (8) of the component (5) are of a similar type and metallic.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2015/000714 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Auftragen von Material (8) auf einen Grundwerkstoff (10) eines Bauteils (5), wobei das Bauteil (5) und eine Plasmadüse (3) in einer Niederdruckkammer (1) angeordnet sind. Das Material (8) wird in den Wirkungsbereich einer Plasmaflamme (7) eingebracht, welche von der Plasmadüse (3) erzeugt wird. Das eingebrachte Material (8) wird vollständig in die Gasphase überführt. Ein Materialauftrag auf dem Bauteil (5) wird durch eine Kondensation und/oder Resublimation von Material (8) aus der Gasphase bewirkt, wobei der Grundwerkstoff (10) und das aufgetragene Material (8) des Bauteils (5) gleichartig und metallisch sind.

Verfahren zum Auftragen von Material

5

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Auftragen von Material auf einen Grundwerkstoff eines Bauteils, wobei das Bauteil und eine Plasmadüse in einer Niederdruckkammer angeordnet sind. Das Material wird in den Wirkungsbereich einer Plasmaflamme eingebracht, welche von der Plasmadüse erzeugt wird.

15

20

Plasmaspritzverfahren werden regelmäßig genutzt, um metallische und nichtmetallische Funktionsbeschichtungen auf Bauteile aufzubringen. Die Funktionen der Beschichtungen können beispielsweise Verschleißschutz, Korrosionsschutz, Wärmedämmung, optische und dekorative Funktionen sein. Diese Beschichtungen verbinden typischerweise unterschiedliche Werkstoffeigenschaften des Grundwerkstoffs und des Beschichtungswerkstoffs, so dass von dem jeweiligen Werkstoff in seiner Anordnung an einem Bauteil die individuellen vorteilhaften Materialeigenschaften ausgenutzt werden können.

25

Erosion kann beispielsweise bei Bauteilen auftreten, die einem Luftstrom ausgesetzt sind, in dem Partikel und Flüssigkeiten mitgeführt werden, welche auf das Bauteil auftreffen. Das Bauteil, z.B. eine Triebwerksschaufel, kann hierdurch über die Nutzungsdauer, insbesondere an den Vorderkanten, verschleifen.

30

Der Erosion während der Nutzungsdauer kann durch Beschichtungen, welche eine höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber Erosion aufweisen, entgegengewirkt werden. Diese Erosionsschutzschichten sind allerdings trotz ihrer höheren Widerstandsfähigkeit ebenfalls Erosion ausgesetzt. Der Grundwerkstoff wird jedoch

zunächst geschützt, wodurch sich die Haltbarkeit eines Bauteils in einer erodierenden Umgebung erhöht. Die Beschichtung muss jedoch bei einer langfristigen Nutzung eines Bauteils in regelmäßigen Zeitintervallen erneuert werden, wobei die vor-
5 liegende alte Beschichtung zunächst vollständig entfernt und eine neue Beschichtung aufgebracht wird. Das Entfernen einer Beschichtung hat regelmäßig auch einen Verlust von Grundmaterial des Bauteils zur Folge, welcher bei mechanischen und chemischen Entschichtungsmechanismen auftreten kann.

10 Auch bei Verwendung einer Schutzschicht unterliegt der Grundwerkstoff eines Bauteils langfristig einer Erosion im Betrieb, da die Beschichtung selbst teilweise oder vollständig erodiert oder abgelöst wird, wodurch das Grundmaterial in diesem Bereich ungeschützt Erosion ausgesetzt sein kann. Analoges gilt
15 beispielsweise auch für thermische Schutzschichten oder bei Korrosionsschutzschichten.

Aufgrund des Verlustes an Grundmaterial des Bauteils nimmt
20 dessen mechanische Haltbarkeit ab, so dass es im Zeitverlauf mit fortschreitendem Materialverlust bei einer Nutzung zu einem mechanischen Versagen kommen kann, wodurch das Bauteil aufgrund mangelnder Material- oder Wandstärke rechtzeitig aus dem Betrieb genommen werden muss. Das Bauteil kann somit nicht
25 mehr eingesetzt werden und wird üblicherweise verschrottet.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Auftragen von Material anzugeben, welches eine verlängerte Nutzbarkeit von Bauteilen ermöglicht.

30 Die Aufgabe der Erfindung wird ausgehend vom Oberbegriff des Anspruchs 1 in Verbindung mit dessen kennzeichnenden Merkmalen gelöst. Es wird ein Verfahren zum Auftragen von Material auf

einen Grundwerkstoff eines Bauteils vorgeschlagen, wobei das Bauteil und eine Plasmadüse in einer Niederdruckkammer angeordnet sind. Das Material wird vorzugsweise als Festkörper in den Wirkungsbereich einer Plasmaflamme eingebracht, welche von der Plasmadüse erzeugt wird. Erfindungsgemäß wird das eingebrachte Material vollständig in die Gasphase überführt und ein Materialauftrag auf dem Bauteil durch eine Kondensation und/oder Resublimation von Material aus der Gasphase bewirkt, wobei der Grundwerkstoff und das aufgetragene Material des Bauteils gleichartig und metallisch sind.

Durch die Überführung in die Gasphase wird erreicht, dass das Material gasförmig auf dem Bauteil auftrifft, wodurch sich eine vorteilhafte Anbindung beim Auftrag des Materials auf den Grundwerkstoff ergibt. In der Niederdruckkammer können Luft, Inertgase oder reaktive Gase zum Einsatz kommen. In vorteilhaften Ausführungsformen wird das Material wahlweise in festem, flüssigem oder gasförmigem Zustand, als Precursor oder als Suspension in den Wirkungsbereich einer Plasmaflamme eingebracht.

Durch die Verwendung des gleichen Werkstoffs für Grundwerkstoff und aufgetragenem Material kann sich eine besonders vorteilhafte Anbindung des aufgetragenen Materials ergeben. Insbesondere kann das aufgetragene Material die gleichen mechanischen Eigenschaften wie das Grundmaterial aufweisen, so dass ein Materialverlust ausgeglichen werden kann. Durch den Ausgleich eines Materialverlustes kann dieser lebensdauerbegrenzende Faktor eines Bauteils ausgeschlossen werden, so dass das Bauteil eine deutlich längere Zeit genutzt werden kann. Der Auftrag von Material kann mit dem genannten Verfahren auf einem Bauteil somit immer wieder nach einer gewissen Nutzungsdauer erfolgen.

Gleichartig bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die beiden Werkstoffe, d.h. Grundwerkstoff und Material, eine vergleichbare chemische Zusammensetzung aufweisen, so dass sich ebenfalls vergleichbare mechanische, chemische und/oder elektrische Eigenschaften einstellen können. Vorzugsweise sind der Werkstoff des aufgetragenen Materials und der Grundwerkstoff identisch. Identisch kann beispielsweise bedeuten, dass beide Werkstoffe in einem in der Luftfahrt üblichen Klassifizierungssystem die gleiche Legierungsnummer zugeordnet bekommen, wobei die Legierungsnummer eine Legierung mit bestimmten Toleranzen für Legierungsanteile und Fremdstoffe angibt.

Vorzugsweise werden das Material und der Grundwerkstoff miteinander physikalisch verbunden. Dadurch entsteht eine stoffschlüssige Bindung, welche eine deutlich bessere Haftung bzw. Anbindung des aufgetragenen Materials an den Grundwerkstoff und im aufgetragenen Material selbst ergibt. Zudem sind durch diese Art der Anbindung keine Zwischenschichten zur Haftvermittlung notwendig. Im Weiteren können vergleichsweise dicke Schichten bzw. viel Material auf die Oberfläche eines Bauteils aufgebracht werden, so dass prinzipiell unbegrenzt Material mit konstanten Eigenschaften auf den Grundwerkstoff aufgetragen werden kann, beispielsweise in Dicken bis zu 10 mm. In vorteilhaften Ausführungsformen kann eine metallische Bindung, im weiteren Sinne auch ein Verschmelzen, zwischen dem aufgetragenen Material und dem Grundwerkstoff vorgenommen bzw. erreicht werden.

Die Gefügestruktur und/oder die Kristallstruktur des Grundwerkstoffs wird vorzugsweise in dem aufgetragenen Material fortgesetzt. Die Fortsetzung der Gefügestruktur und/oder der Kristallstruktur führt bei gleicher Stoffzusammensetzung dazu,

dass auch die Werkstoffeigenschaften gleich sind. Dies ist vorteilhaft, um den Materialverlust eines Bauteils entsprechend gleichwertig ausgleichen zu können, was insbesondere für den Einsatz des Bauteils bei hohen Temperaturen und bei gerichtet oder einkristallin erstarrten Bauteilen vorteilhaft ist.

Vorzugsweise ist der Druck in der Niederdruckkammer kleiner als 20 mbar, vorzugsweise kleiner als 5 mbar. Ein derart geringer Druck in der Niederdruckkammer ermöglicht einen vollständigen Übergang des in die Plasmaflamme eingebrachten Materials in die Gasphase. Es können weiterhin höhere kinetische Energien des Materials beim Auftreffen auf das Bauteil erreicht werden, was insbesondere für die Anbindung vorteilhaft ist. Zudem wird durch die geringere Teilchendichte in der Atmosphäre der Niederdruckkammer die Streuwirkung reduziert, wodurch die Beschichtung an kleineren Flächen von Bauteilen mit höheren Beschichtungsraten erfolgen kann.

In bevorzugten Ausführungsformen ist der Abstand zwischen Bauteil und Plasmadüse größer als 50 cm, vorzugsweise größer als 100 cm. Der im Vergleich zu den üblichen Plasmaspritzverfahren große Abstand zwischen Bauteil und Plasmadüse ermöglicht eine längere Verweildauer des Materials in der Plasmaflamme, wodurch das Material eine höhere Temperatur annehmen kann und der Übergang in die Gasphase verbessert wird. Insbesondere eine Kombination von geringem Druck und großem Abstand ermöglicht die physikalische Verbindung des aufgetragenen Materials. In möglichen vorteilhaften Ausführungsformen kann ein bevorzugter Abstand größer als 150 cm sein.

Vorzugsweise wird vor dem Materialauftrag ein Materialabtrag einer Oberflächenschicht des Bauteils durchgeführt, wobei die

Zeitspanne zwischen dem Ende des Materialabtrags und dem Materialauftrag kleiner ist als die mittlere Belegungszeit mit Atmosphärenmolekülen aus der Niederdruckkammer. Der Begriff Materialabtrag bezieht sich vornehmlich auf einen Abtrag des Grundwerkstoffs, insbesondere dessen oberflächennahe Schicht mit den hier regelmäßig vorhandenen Oxidschichten. Der Materialabtrag bezieht sich bevorzugt nicht auf das Entfernen von Funktionsbeschichtungen auf dem Bauteil. Die kurze Zeitspanne, vorzugsweise weniger als 60 s, weiterhin vorzugsweise weniger als 10 s, ermöglicht, dass der Materialauftrag auf eine sehr saubere und reine Oberfläche aufgetragen wird. Dies fördert die Anbindung von aufgetragenem Material und Grundwerkstoff, so dass weniger Fremdstoffe, insbesondere Oxide, im Grenzbe-
reich zwischen Grundwerkstoff des Bauteils und aufgetragenem Material eingelagert werden. Weiterhin ermöglicht die kurze Zeitspanne, durch den damit verbundenen erhöhten Wärmeeintrag, ein gutes Fortsetzen der Gefügestruktur und/oder der Kristallstruktur des Bauteils in das aufgetragene Material hinein.

In vorteilhaften Ausführungsformen wird der Materialabtrag mittels eines Plasmaätzverfahrens durchgeführt. Plasmaätzverfahren, wie beispielsweise Sputtern oder Transferred Arc Plasma Verfahren, eignen sich besonders für den oben genannten Materialabtrag, da der Materialabtrag in der gleichen Niederdruckkammer wie der Materialauftrag erfolgen kann, wodurch die Zeit zwischen Materialabtrag und Materialauftrag kurz gehalten werden kann. Weiterhin eignen sich Plasmaätzverfahren vorteilhaft für die Anwendung bei niedrigen Atmosphärendrücken in der Niederdruckkammer, so dass die Verschmutzung, Belegung oder Oxidation der durch den Materialabtrag gereinigten Oberfläche verhindert oder zumindest reduziert werden kann. Das Plasmaätzen ermöglicht durch den Wärmeeintrag auch das Einstellen einer bestimmten Prozesstemperatur, so dass beim darauffolgenden

Beschichtungsprozess das Kristallwachstum begünstigt oder die Wachstumskinematik beeinflusst, und auf diese Weise gesteuert werden kann.

5 In vorteilhaften Ausführungsformen werden Materialabtrag und Materialauftrag an demselben Bauteil in mehrfacher Folge in der Niederdruckkammer wiederholt. Die mehrfache Wiederholung der Verfahrensschritte Materialabtrag und Materialauftrag kann vorteilhaft sein, um die durchgängige Fortsetzung der Gefü-
10 gestruktur und/oder Kristallstruktur beizubehalten, was insbesondere bei großen Schichtdicken über 1 mm vorteilhaft ist.

Vorteilhafterweise sind der Grundwerkstoff und das aufgetragene Material eine Ti-Basis, Ni-Basis oder Co-Basis Legierung.
15 Ein Materialauftrag ist insbesondere bei diesen Legierungen vorteilhaft, es können jedoch auch Materialaufträge mit anderen Legierungen oder reinen Metallen erfolgen.

In bevorzugten Ausführungsformen wird vor dem Materialauftrag
20 der Grundwerkstoff des Bauteils in der Niederdruckkammer auf eine Temperatur von mehr als 150 °C erwärmt. Die Erwärmung des Grundwerkstoffs auf eine entsprechende Temperatur ist vorteilhaft für die Anbindung von Material mit dem bereits aufgetragenen Material bzw. mit dem Grundwerkstoff des Bauteils. Zudem
25 wird die Fortsetzung des Gefüges und/oder der Kristallstruktur in das aufgetragene Material verbessert.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren erläutert. Dabei zeigt:
30

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Niederdruckkammer; und

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Niederdruckkammer mit einer Plasmaätzvorrichtung.

5 In Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer Niederdruckkammer 1 zur Durchführung des Verfahrens in einer Draufsicht dargestellt. In der Niederdruckkammer 1 ist ein Plasmabrenner 2 mit einer Plasmadüse 3 angeordnet. In der Austrittsrichtung der Plasmadüse 3 ist eine Halterung 4 für ein Bauteil 5 vorgesehen. Der Plasmabrenner 2 weist eine Zufuhr 6 für Material 8
10 auf. Das Bauteil 5 weist einen Grundwerkstoff 10 auf.

Der Plasmabrenner 2 erzeugt im Betrieb eine Plasmaflamme 7, in welche das Material 8 eingebracht wird. Das Material 6 wird in
15 Austrittsrichtung der Plasmadüse 3 beschleunigt und erfährt eine Wärmezufuhr. Das Material 8 trifft anschließend gasförmig auf dem Bauteil 5 auf und wird dort abgeschieden.

Die Niederdruckkammer 1 weist mindestens eine Pumpe 9 auf,
20 welche einen Druck von vorzugsweise weniger als 5 mbar in der Niederdruckkammer 1 erzeugen kann. Die Leistungsfähigkeit der Pumpe 9 ist dabei so ausgelegt, dass ein derartiger Druck auch während des Betriebs des Plasmabrenners 2 gehalten werden kann. Der Abstand zwischen der Austrittsöffnung der Plasmadüse
25 3 und dem Bauteil 5, auf welchem der Materialauftrag erfolgt, ist in diesem vorteilhaften Ausführungsbeispiel größer als 100 cm. In weiteren alternativen vorteilhaften Ausführungsbeispielen ist der Abstand größer als 150 cm. Der vergleichsweise große Abstand zwischen Plasmadüse 3 des Plasmabrenners 2 und
30 dem Bauteil 5 ermöglicht, dass das Material 8 bis zum Auftreffen auf das Bauteil 5 eine ausreichend hohe kinetische und thermische Energie aufnehmen kann, um in die Gasphase überzugehen und eine ausreichende Bindungswirkung auf dem Grundwerk-

stoff 10 oder dem bereits aufgetragenen Material 8 des Bauteils 5 zu erreichen. Die vollständige Überführung in den gasförmigen Zustand des Materials 8 verhindert, dass feste, hochviskose und/oder flüssige Partikel auf dem Substrat auftreffen, mit denen Werkstoffeigenschaften des Grundwerkstoffs nicht erreicht werden können. Derartige Partikel haften vornehmlich rein mechanisch auf der Oberfläche des Bauteils. Das Bauteil 5 muss hierfür eine gewisse Mindestrauigkeit aufweisen, um eine Haftung zu ermöglichen, welche in diesem vorteilhaften Ausführungsbeispiel nicht notwendig ist.

Das aufgetragene Material 8 geht vorzugsweise eine metallische Bindung mit dem Grundwerkstoff 10 des Bauteils 5 ein. Die metallische Bindung wird unter anderem dadurch ermöglicht, dass Material und Grundwerkstoff gleichartig und metallisch sind.

Das Material 8 und der Grundwerkstoff 10 sind in diesem Sinne auch als metallisch anzusehen, sofern das Material 8 und der Grundwerkstoff 10 nichtmetallische Legierungselemente, wie z.B. Kohlenstoff, enthalten.

Neben einem großen Abstand ermöglicht ein entsprechend niedriger Druck in der Niederdruckkammer 1 hohe kinetische Energie beim Auftreffen auf dem Bauteil 5, was für die Herstellung einer metallischen Bindung vorteilhaft ist. Der niedrige Druck reduziert weiterhin die Streuung des Materials 8 in der Gasphase mit der Plasmaflamme 7, wodurch der Materialauftrag insbesondere mit dem vergleichsweise großen Abstand zum Bauteil 5 mit höherer Materialausnutzung erfolgen kann.

In möglichen Ausführungsbeispielen können zumindest Teile des gasförmigen Materials 8 in der Plasmaflamme 7 ionisiert werden, bevor sie auf dem Bauteil 5 abgeschieden werden.

In Fig. 2 ist ein weiteres vorteilhaftes Ausführungsbeispiel schematisch dargestellt, wobei eine Plasmaätzvorrichtung 11 vorgesehen ist, welche in der gleichen Niederdruckkammer 1 einen Materialabtrag von dem Bauteil 5 ermöglicht. Mit der Plasmaätzvorrichtung 11 kann die Oberfläche des Bauteils 5 bzw. des Grundwerkstoffs 10 von Verunreinigungen oder Oxidschichten befreit werden. Durch den niedrigen Druck in der Niederdruckkammer 1 und einer entsprechend kurzen Zeitspanne zwischen Materialabtrag durch die Plasmaätzvorrichtung 11 und Materialauftrag mittels Plasmabrenner 2 kann die Oberfläche des Bauteils 5 bis zum Beginn des Materialauftrags weiterhin frei von Fremdstoffen und Oxidbildung gehalten werden.

In vorteilhaften Ausführungsbeispielen kann das Bauteil 5, in diesem Ausführungsbeispiel eine Triebwerksschaufel aus einer Titanlegierung, in der Halterung 4 mit einer Drehvorrichtung 12 gedreht werden, so dass der Oberflächenbereich des Bauteils 5, auf dem ein Materialauftrag erfolgen soll, in einfacher Weise der Plasmaätzvorrichtung 11 oder dem Plasmabrenner 2 zugewandt werden kann.

In einem weiteren möglichen vorteilhaften Ausführungsbeispiel wird das vorzugsweise gleichartige Material 8 gasförmig mit entsprechend hoher kinetischer und thermischer Energie in der Niederdruckkammer 1 auf dem Bauteil 5 abgeschieden, so dass das aufgetragene Material 8 auf dem Bauteil 5 amorph ist. Eine amorphe Schicht kann abweichende Werkstoffeigenschaften aufweisen als der Grundwerkstoff 10 und sich durch höhere Festigkeit, Härte und Korrosionsbeständigkeit auszeichnen. Das aufgetragene Material 8 kann somit in diesem Ausführungsbeispiel auch als metallisches Glas bezeichnet werden.

In einer möglichen Weiterbehandlung kann das amorph aufgetragene Material 8 durch eine anschließende Wärmebehandlung des Bauteils 5 in die Struktur, insbesondere die Kristallstruktur und/oder Gefügestruktur des Grundwerkstoffs 10 des Bauteils 5 überführt werden.

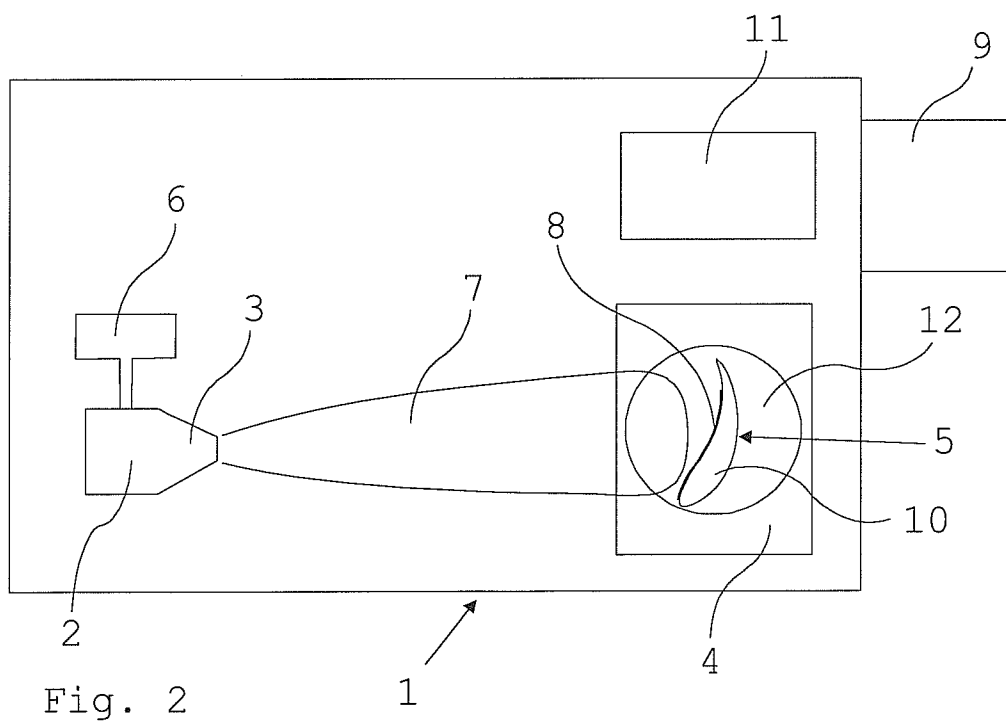
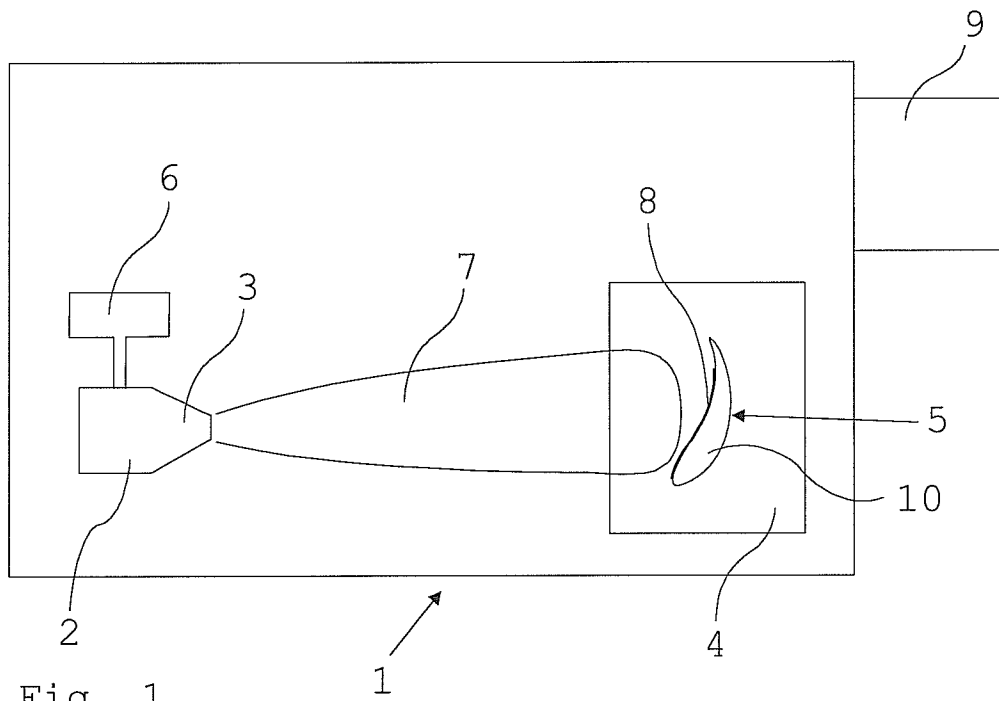
Ansprüche:

1. Verfahren zum Auftragen von Material (8) auf einen Grundwerkstoff (10) eines Bauteils (5), wobei das Bauteil (5) und eine Plasmadüse (3) in einer Niederdruckkammer (1) angeordnet sind, und wobei das Material (8) in den Wirkungsbereich einer Plasmaflamme (7) eingebracht wird, welche von der Plasmadüse (3) erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, dass
 - das eingebrachte Material (8) vollständig in die Gasphase überführt wird, und
 - ein Materialauftrag auf dem Bauteil (5) durch eine Kondensation und/oder Resublimation von Material (8) aus der Gasphase bewirkt wird, wobei
 - der Grundwerkstoff (10) und das aufgetragene Material (8) des Bauteils (5) gleichartig und metallisch sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Material (8) und der Grundwerkstoff (10) miteinander physikalisch verbunden werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Gefügestruktur und/oder die Kristallstruktur des Grundwerkstoffs (10) in dem aufgetragenen Material (8) fortgesetzt wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck in der Niederdruckkammer (1) kleiner als 20 mbar, vorzugsweise kleiner als 5 mbar, ist.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen Bauteil (5) und

Plasmadüse (3) größer als 50 cm, vorzugsweise größer als 100 cm, ist.

- 5 6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Materialauftrag ein Materialabtrag einer Oberflächenschicht des Bauteils (5) durchgeführt wird, wobei die Zeitspanne zwischen dem Ende des Materialabtrags und dem Materialauftrag kleiner ist als die mittlere Belegungszeit mit Atmosphärenmolekülen aus der
10 Niederdruckkammer (1).
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Materialabtrag mittels eines Plasmaätzverfahrens durchgeführt wird.
- 15 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass Materialabtrag und Materialauftrag an demselben Bauteil (5) in mehrfacher Folge in der Niederdruckkammer (1) wiederholt werden.
- 20 9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundwerkstoff (10) und das aufgetragene Material (8) eine Ti-Basis oder Ni-Basis oder Co-Basis Legierung sind.
- 25 10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Materialauftrag der Grundwerkstoff (10) des Bauteils (5) in der Niederdruckkammer (1) auf eine Temperatur von mehr als 150 °C erwärmt wird.
- 30 11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das aufgetragene Material (8) ein amorph abgeschiedenes Metall ist und durch geeignete Wärme-

behandlung in kristallische Strukturen überführt werden kann.



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/062933

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C23C4/08 C23C4/12 C23C4/02
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)
C23C

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 practicable, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, IBM-TDB, 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	US 2005/123686 A1 (MYRICK JAMES J [US]) 9 June 2005 (2005-06-09) the whole document -----	1-11
X	EP 2 354 267 A1 (SULZER METCO AG [CH]) 10 August 2011 (2011-08-10) the whole document -----	1-11
X	VON NIESSEN K ET AL: "Vapor phase deposition using plasma spray-PVD(TM)", JOURNAL OF THERMAL SPRAY TECHNOLOGY, ASM INTERNATIONAL, MATERIALS PARK, US, vol. 19, no. 1-2, 1 January 2010 (2010-01-01), pages 502-509, XP008122397, ISSN: 1059-9630, DOI: 10.1007/S11666-009-9428-9 [retrieved on 2009-11-25] paragraphs [0002], [03.2] -----	1-11



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 application or patent 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

5 September 2014

Date of mailing of the international search report

17/09/2014

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

Brisson, Olivier

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/062933

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005123686	A1	09-06-2005	NONE
EP 2354267	A1	10-08-2011	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. C23C4/08 C23C4/12 C23C4/02 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) C23C		
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, INSPEC, IBM-TDB, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2005/123686 A1 (MYRICK JAMES J [US]) 9. Juni 2005 (2005-06-09) das ganze Dokument	1-11
X	EP 2 354 267 A1 (SULZER METCO AG [CH]) 10. August 2011 (2011-08-10) das ganze Dokument	1-11
X	VON NIESSEN K ET AL: "Vapor phase deposition using plasma spray-PVD(TM)", JOURNAL OF THERMAL SPRAY TECHNOLOGY, ASM INTERNATIONAL, MATERIALS PARK, US, Bd. 19, Nr. 1-2, 1. Januar 2010 (2010-01-01), Seiten 502-509, XP008122397, ISSN: 1059-9630, DOI: 10.1007/S11666-009-9428-9 [gefunden am 2009-11-25] Absätze [0002], [03.2]	1-11
☐ 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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 5. September 2014		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 17/09/2014
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 Brisson, Olivier

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/062933

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005123686	A1	09-06-2005	KEINE
EP 2354267	A1	10-08-2011	KEINE