

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. April 2006 (20.04.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/040221 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C23C 4/02 (2006.01) B23K 26/34 (2006.01)
C23C 4/08 (2006.01) B23K 10/02 (2006.01)
C23C 28/00 (2006.01) B23K 15/00 (2006.01)
B23K 26/22 (2006.01) F01D 5/28 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/054303

(22) Internationales Anmeldedatum:

1. September 2005 (01.09.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

04023972.5 7. Oktober 2004 (07.10.2004) 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): BOSTANJOGLO, Georg [DE/DE]; Odenwaldstr. 17, 12161 Berlin (DE). COX, Nigel-Philip [GB/DE]; Dohne 54A, 45468 Mülheim an der Ruhr (DE). WILKENHÖNER, Rolf [DE/DE]; Iltisfang 30, 14532 Kleinmachnow (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, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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).

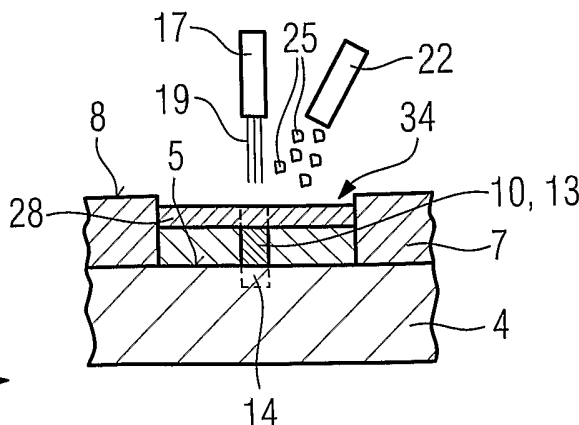
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

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.

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A LAYER SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES SCHICHTSYSTEMS



(57) Abstract: Prior art layer systems often have, due to their type of coating, only a low adherence to the substrate. The layer can detach in the instance of components that are subjected to high levels of mechanical stress. According to the inventive method for producing a layer system (1), an outer layer (9) is produced layer-by-layer together with anchoring means (10) passing completely therethrough or with inner anchoring means (13).

(57) Zusammenfassung: Schichtsysteme nach dem Stand der Technik weisen oft aufgrund ihrer Beschichtungsart nur eine geringe Anbindung an das Substrat auf. Bei mechanisch hochbelasteten Bauteilen kann es dann zu einer Ablösung der Schicht kommen. Das erfindungsgemäße Verfahren

zur Herstellung des Schichtsystems (1) beinhaltet, dass eine äußere Schicht (9) zusammen mit durchgehenden Verankerungsmittel (10) oder inneren Verankerungsmittel (13) schichtweise erzeugt wird.

WO 2006/040221 A1

Verfahren zur Herstellung eines Schichtsystems

Die Erfindung betrifft Verfahren zur Herstellung eines
5 Schichtsystems gemäß des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

Bauteile für hohe Temperaturen werden heutzutage in der Regel mit Schutzschichten versehen.

Dies können metallische Korrosionsschutzschichten (MCrAlX-
10 Schichten) oder keramische Wärmedämmschichten sowie Schichtsysteme mit metallischen Korrosionsschutzschichten und/oder keramischen Wärmedämmschichten sein.

Als Beschichtungsverfahren für diese Beschichtungen benutzt man plasmagestützte Pulverspritzverfahren aufgrund ihrer ver-
15 gleichsweise hohen Wirtschaftlichkeit.

Die Anbindung solcher Schichten an das Substrat erfolgt durch mechanische Verklammerung und anschließende Diffusionswärmebehandlung. Gelegentlich kann es in hochbelasteten Bereichen oder an ungünstigen, d.h. besonders an mechanisch hoch be-
20 lasteten Stellen des Bauteils zu einer Ablösung der Schicht im Betrieb kommen. Das Abplatzen der Schicht während des Betriebs führt zur Schädigung des Grundwerkstoffs, sodass die Bauteillebensdauer wesentlich verringert ist.

25 Die US 5,869,798 offenbart ein Verfahren, bei dem mittels eines Schweißverfahrens Erhebungen auf einer Oberfläche erzeugt werden, wobei die Erhebung aus einem anderen Material besteht als das zu Grunde liegende Substrat.

30 Die EP 1 275 748 A2 offenbart Verankerungsmittel, die auf einer Oberfläche des Substrats oder einer Zwischenschicht angeordnet sind.

Die DE 100 57 187 A1 offenbart Verankerungsmittel, die in ein
35 Substrat hineinragen, um die Haftung eines nicht metallischen Materials auf dem metallischen Substrat zu verbessern.

Die EP 0 713 957 A1 offenbart ein Verfahren, bei der eine Vertiefung in einer Schicht mit Material aufgefüllt wird.

Weiterer Stand der Technik ist bekannt aus der DE 30 38 416 A1 sowie aus der Zeitschrift Journal of Materials Science 24 (1989), Seite 115 - 123 mit dem Titel „Enhanced metal-ceramic adhesion by sequential sputter deposition and pulsed laser melting of copper films on sapphire substrates“ von A. J. Pedraza, M.J. Godbole.

10

Es ist daher Aufgabe der Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Schichtsystems aufzuzeigen, das eine bessere Anbindung von einer Schutzschicht an ein Substrat und/oder von Schichten untereinander ergibt.

15

Die Aufgabe wird gelöst durch ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung eines Schichtsystems gemäß dem Anspruch 1.

Das mit den erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Schichtsystem weist gesondert erzeugte Verankerungsmittel auf, die eine sehr starke Anbindung an das Substrat oder an eine unter ihr auf dem Substrat angeordnete Schicht aufweisen und auf andere Art und Weise als die Schicht an das Substrat oder die andere Schicht angebunden sind.

25

Die im Vergleich zur vorhandenen Schichtbindung (z.B. Verklammerung durch Oberflächenrauigkeit) stärkere Anbindung der Verankerungsmittel erfolgt beispielsweise durch eine schmelzmetallurgische Bindung, die in einem vom Aufbringen des eigentlichen Schichtmaterials separaten Prozess erzeugt wird. Somit kann weiterhin das kostengünstige und wirtschaftliche Plasmaspritzverfahren verwendet werden, um die Schicht aufzubringen.

30

In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Verfahrensschritte aufgelistet.

35

Die in den Unteransprüchen aufgelisteten Maßnahmen können in vorteilhafter Weise beliebig miteinander kombiniert werden.

Es zeigen

- | | | |
|----|------------------|---|
| 5 | Figur 1 | ein Schichtsystem nach dem Stand der Technik, |
| | Figur 2, 4 bis 9 | Schichtsysteme, |
| | Figur 3 | eine perspektivische Draufsicht auf ein Schichtsystem, |
| 10 | Figur 10 bis 13 | Verfahrensschritte eines erfindungsgemäßen Verfahrens, |
| | Figur 14 bis 22 | Verfahrensschritte weiterer erfindungsgemäßer Verfahren, |
| | Figur 23, 24 | Verfahrensschritte eines weiteren erfindungsgemäßen Verfahrens. |
| 15 | Figur 25 | eine Gasturbine, |
| | Figur 26 | eine Brennkammer und |
| | Figur 27 | eine Turbinenschaufel. |

20

Figur 1 zeigt ein Schichtsystem 1' nach dem Stand der Technik.

Das Schichtsystem 1' weist ein Substrat 4 auf.

- 25 Auf der Substratoberfläche 5 des Substrats 4 ist zumindest eine äußere Schicht 9 mit einer äußeren Oberfläche 16 vorhanden. Dies kann eine metallische und/oder keramische äußere Schicht 9 sein.

- 30 Die Anbindung der äußeren Schicht 9 auf dem Substrat 4 erfolgt nach dem bisherigen Stand der Technik allein durch mechanische Verklammerung (Oberflächenrauigkeit) an die zugrunde liegende Oberfläche und anschließende Diffusionswärmebehandlung.

35

Figur 2 zeigt ausgehend von Figur 1 ein Schichtsystem 1, hergestellt nach einem erfindungsgemäßen Verfahren.

Das Substrat 4 kann metallisch oder keramisch sein und ist im Falle von Gasturbinenbauteilen insbesondere aus einer eisen-, nickel- oder kobaltbasierten Superlegierung hergestellt.

5

Für Turbinenschaufeln 120, 130 (Fig. 25, 27) wird beispielsweise auf das Substrat 4 eine metallische Korrosionsschutzschicht als Zwischenschicht 7 (Fig. 5, 6, 7) des Typs MCrAlX aufgebracht, worauf dann zusätzlich noch eine äußere, beispielsweise eine keramische Wärmedämmschicht 9 aufgebracht wird.

10

In der Zwischenschicht 7 und/oder der äußeren Schicht 9 sind durchgehende Verankerungsmittel 10 oder innere Verankerungsmittel 13 vorhanden, die sich beispielsweise mit einem bestimmten Anteil 14 ihres Volumens oder ihrer Länge in das Substrat 4 oder in die Zwischenschicht 7 hinein erstrecken. Im Folgenden wird beispielhaft ein Schichtsystem 1 mit einer äußeren Schicht 9 erläutert.

20

Der Anteil 14, also eine Erstreckung des durchgehenden Verankerungsmittels 10 oder des inneren Verankerungsmittels 13 in das Substrat 4 stellt bezogen auf die Länge des durchgehenden Verankerungsmittels 10 oder des inneren Verankerungsmittels 13 den geringeren Anteil dar, sodass das durchgehende Verankerungsmittel 10 oder das innere Verankerungsmittel 13 sich mit dem größten Anteil in der äußeren Schicht 9 befindet.

25

Die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder die inneren Verankerungsmittel 13 weisen insbesondere eine andere Art der Anbindung auf, insbesondere mit einer erhöhten Anbindungskraft (genauer: Kraft/pro Kontaktfläche), an das Substrat 4 gegenüber der Art der äußeren Schicht 9 an das Substrat 4.

30

Die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder die inneren Verankerungsmittel 13 werden beispielsweise durch einen geeignet

35

geführten Laserschweißprozess schmelzmetallurgisch an das Substrat 4 angebunden.

Ebenso ist es vorstellbar, dass die äußere Schicht 9 an bestimmten Stellen durch Lasercladding (Laserpulverbeschichten) aufgebracht wird und so durchgehende Verankerungsmittel 10 oder innere Verankerungsmittel 13 bilden. Die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder die inneren Verankerungsmittel 13 können auch angegossen werden oder beim Gießen des Substrats 4 mit hergestellt werden.

Die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder die inneren Verankerungsmittel 13 stellen Haftungsbrücken für die die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder das inneren Verankerungsmittel 13 umgebende äußere Schicht 9 dar.

Die durchgehenden Verankerungsmittel 10 gehen vom Substrat 4 bzw. Substratoberfläche 5 aus und erstrecken sich insbesondere nur bis zur äußeren Oberfläche 16 der äußeren Schicht 9.

Die durchgehenden oder inneren Verankerungsmittel 10, 13 sind beispielsweise säulenartig ausgebildet und können auch konkav oder konvex gekrümmt ausgeführt sein (Fig. 7).

Die Verankerungsmittel 10, 13 erstrecken sich vorzugsweise in einer Richtung, die nahezu oder ganz senkrecht auf der Oberfläche 5, 8 verläuft.

Die inneren Verankerungsmittel 13 werden durch die äußere Schicht 9 abgedeckt, sodass die inneren Verankerungsmittel 13 sich nicht bis zur äußeren Oberfläche 16 der äußeren Schicht 19 erstrecken, also innerhalb der äußeren Schicht 9 endend, angeordnet sind. Dabei erstrecken sie 13 sich bis zumindest zu 10%, 20%, 30%, 40% oder mehr der Dicke der äußeren Schicht 9 in die äußere Schicht 9.

Obige Ausführungen gelten analog für eine Zwischenschicht 7 auf die noch eine äußere Schicht 9 aufgebracht wird.

Die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder die inneren Verankerungsmittel 13 sind beispielsweise nur lokal, also örtlich begrenzt (Fig. 3) auf dem Substrat 4 oder der Zwischenschicht 7 vorhanden, beispielsweise dort, wo die mechanische Belastung am größten ist.

5

Dies ist beispielsweise der Bereich der Anströmkante 409 einer Turbinenschaufel 120, 130. Das restliche Schaufelblatt würde dann keine durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder inneren Verankerungsmittel 13 aufweisen.

10

Figur 3 zeigt eine Draufsicht auf eine Innenfläche 8 einer Zwischenschicht 7 oder auf eine äußere Oberfläche einer äußeren Schicht 9.

15

Gestrichelt angedeutet sind die inneren Verankerungsmittel 13, die sich nicht bis zur Innenfläche 8 der Zwischenschicht 7 oder bis zur äußeren Oberfläche 16 der äußeren Schicht erstrecken. Die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder die inneren Verankerungsmittel 13 können verschiedene Geometrien wie Kreise, Steppnähte (d.h. sie sind länglich und kreuzen sich), Wellenformen, Parallelbahnen sowie Kombinationen daraus aufweisen.

20

Figur 6 zeigt ein weiteres Schichtsystem 1, hergestellt nach einem erfindungsgemäßen Verfahren.

25

Das Schichtsystem 1 besteht aus einem Substrat 4, einer Zwischenschicht 7 und einer äußeren Schicht 9.

30

Die Zwischenschicht 7 ist beispielsweise eine metallische MCrAlX-Schicht und die äußere Schicht 9 ist beispielsweise eine keramische Wärmedämmschicht 9 auf der Zwischenschicht 7.

Durchgehende Verankerungsmittel 10 oder innere Verankerungsmittel 13 sind sowohl in der Zwischenschicht 7 als auch in der äußeren Schicht 9 vorhanden.

35

Die Zwischenschicht 7 muss aber keine durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder inneren Verankerungsmittel 13 im Sinne der vorliegenden Erfindung aufweisen (Fig. 5). Ebenso können die Verankerungsmittel nur in der Zwischenschicht 7 vorhanden
5 sein (Fig. 7).

Dabei können einige, aber nicht unbedingt alle durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder inneren Verankerungsmittel 13 in der Zwischenschicht 7 oder der äußeren Schicht 9 einen Anteil
10 14 aufweisen, der sich in das Substrat 4 oder in die Zwischenschicht 7 erstreckt.

Die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder die inneren Verankerungsmittel 13 in der Zwischenschicht 7 und/oder der
15 äußeren Schicht 9 können sich ausgehend von der Substratoberfläche 5 des Substrats 4 bis zur Innenfläche 8 der Zwischenschicht 7 bzw. von der Innenfläche 8 der Zwischenschicht 7 bis zu der äußeren Oberfläche 16 der äußeren Schicht 9 erstrecken, aber nicht darüber hinaus, oder werden durch die
20 Zwischenschicht 7 oder die äußere Schicht 9 abgedeckt, sodass die inneren Verankerungsmittel 13 sich nicht bis zur Innenfläche 8 der Zwischenschichten 7 oder äußeren Oberfläche 16 der äußeren Schicht 9 erstrecken.

25 Die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder die inneren Verankerungsmittel 13 in der Zwischenschicht 7 verbessern die Anbindung der Zwischenschicht 7 an das Substrat 4.

Das Material der durchgehenden Verankerungsmittel 10 der Zwischenschicht 7 kann beispielsweise auch so gewählt werden,
30 dass sich eine verbesserte Haftung der äußeren Schicht 9 auf den durchgehenden Verankerungsmitteln 10 ergibt (Fig. 7).

Die Materialzusammensetzung der durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder inneren Verankerungsmittel 13 in der Zwischenschichten 7 oder der äußeren Schicht 9 wird je nach Anforderung
35 passend gewählt.

Das Material der durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder der inneren Verankerungsmittel 13 entspricht beispielsweise dem Material, in der es zum größten Teil angeordnet ist.

Wenn sich also das durchgehende Verankerungsmittel 10 oder
5 das innere Verankerungsmittel 13 größtenteils in der Zwischenschicht 7 befindet, so entspricht das Material des Verankerungsmittels 10, 13 dem Material der Zwischenschicht 7. Ist das durchgehende Verankerungsmittel 10 oder das innere Verankerungsmittel 13 größtenteils in der äußeren Schicht 9
10 angeordnet, so entspricht das Material des jeweiligen Verankerungsmittels beispielsweise dem Material der äußeren Schicht 9.

Die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder die inneren Verankerungsmittel 13 sind insbesondere in thermisch und/oder
15 mechanisch hoch belasteten Bereichen vorhanden.

Dies ist bei Turbinenschaufeln 120, 130 beispielsweise die Eintrittskante 409, die Austrittskante 412 oder der Übergang
20 zwischen Schaufelblatt 406 und Plattform 403.

Das Schichtsystem 1 ist beispielsweise ein Bauteil einer Gas-100 (auch Flugzeugturbine) oder Dampfturbine. Thermisch hoch belastete Bauteile der Turbinen weisen ein solches Schicht-
25 system auf, wie z.B. Turbinenschaufeln 120, 130, Hitzeschild-elemente 155 einer Brennkammer 110 sowie weitere Gehäuse-teile, die entlang des Strömungsweges eines heißen Dampfes oder Heißgases sich befinden.

30 Das Schichtsystem 1 kann auf ein neu hergestelltes Bauteil aufgebracht werden sowie auf Bauteile, die nach dem Einsatz wieder aufgearbeitet werden (Refurbishment). Dabei werden die Bauteile zuvor von degradierten Schichten befreit, Risse gegebenenfalls repariert und es erfolgt eine erneute Beschich-
35 tung des Substrats 4.

Die Figur 7 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Schichtsystems 1, hergestellt nach einem erfindungsgemäßen Verfahren.

In diesem Schichtsystem 1 sind die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder die inneren Verankerungsmittel 13 nur in der Zwischenschicht 7 vorhanden. Auf der Zwischenschicht 7 ist die äußere Schicht 9 vorhanden. Eine Kontaktfläche der durchgehenden Verankerungsmittel 10 an der Innenfläche 8 verbessert die Haftung der äußeren Schicht 9 gegenüber einer vergleichbaren Kontaktfläche mit der Zwischenschicht 7. Dies wird beispielsweise dadurch erreicht, dass die Kontaktflächen der durchgehenden Verankerungsmittel 10 an der Innenfläche 8 Keimpunkte (Aluminiumoxid) bilden für ein beispielsweise epitaktisches Aufwachsen einer äußeren Schicht 9 auf der Zwischenschicht 7 oder einer weiteren Zwischenschicht aus Aluminiumoxid.

Auch ohne Zwischenschicht 7 (Fig. 4) wird ein verbessertes Schichtsystem 1 dadurch erreicht, dass die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder die inneren Verankerungsmittel 13 zu einer verbesserten Anbindung der äußeren Schicht 9 an das Substrat 4 führen.

Beispielsweise erstrecken sich einige, aber nicht unbedingt alle durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder inneren Verankerungsmittel 13 in das Substrat 4 mit einem Anteil 14 hinein.

Figur 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Schichtsystems 1, hergestellt nach einem erfindungsgemäßen Verfahren.

In diesem Ausführungsbeispiel sind die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder die inneren Verankerungsmittel 13 nur in der äußeren Schicht 9 vorhanden.

Beispielsweise erstrecken sich einige, aber nicht unbedingt alle durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder inneren Verankerungsmittel 13 in die Zwischenschicht 7 hinein.

5

Figur 4 zeigt ein weiteres Schichtsystem 1.

In einem ersten Schritt wurde auf das Substrat 4 in bekannter Art und Weise die eine äußere Schicht 9 aufgebracht.

10 Die äußere Schicht 9 wird beispielsweise mit einem Laser 17 (Fig. 14) oder einer Elektronenstrahlkanone 17 behandelt, die einen entsprechenden Laser- oder Elektronenstrahl 19 (Fig. 14) aussendet. Durch diese Art der Behandlung wird das Material der äußeren Schicht 9 bis hin zur Substratoberfläche 5
15 des Substrats 4 oder beispielsweise darüber hinaus mit einem Anteil 14 in das Substrat 4 hinein, lokal umgewandelt, beispielsweise aufgeschmolzen, sodass sich eine schmelzmetallurgische Anbindung von dem Material der äußeren Schicht 9 in das Substrat 4 ergibt. Mit diesem Verfahren werden durchgehende Verankerungsmittel 10 erzeugt, die sich von der Substratoberfläche 5 bis hin zur äußeren Oberfläche 16 der äußeren Schicht 9 erstrecken.

25 Figur 9 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Bauteils 1 (Querschnitt durch durchgehendes Verankerungsmittel 10), hergestellt nach einem erfindungsgemäßen Verfahren.

Das durchgehende Verankerungsmittel 10 weist an der äußeren Oberfläche 16 eine größere Querschnittsfläche auf als an der
30 unten liegenden Substratoberfläche 5 (Fig. 8, Draufsicht auf Fig. 9). Die Form des durchgehenden Verankerungsmittels 10 im Querschnitt ist hier glockenförmig ausgebildet.

Die Querschnittskontur kann auch andere Formen aufweisen, wie z. B. einen parabelförmigen Verlauf, wobei die Parabel nach
35 oben 16 (Fig. 8) oder nach unten 5 offen sein kann.

Der Querschnitt des durchgehenden Verankerungsmittels 10 ist hier beispielsweise rund (Fig. 8) ausgebildet. Gestrichelt angedeutet ist die Querschnittsfläche des durchgehenden Verankerungsmittels 10 an der Substratoberfläche 5 oder im Substrat 4.

Das durchgehende Verankerungsmittel 10 kann sich hier ebenfalls bis in das Substrat 4 hinein erstrecken (nicht dargestellt).

Obige Ausführungen gelten analog für eine Zwischenschicht 7, auf die noch eine äußere Schicht 9 aufgebracht wird.

Beispielsweise kann das Material der durchgehenden Verankerungsmittel 10 in der Zwischenschicht 7 dem Material des Substrats 4 entsprechen oder keramisch sein, wodurch sich die keramische Wärmedämmschicht 9 besser mit den durchgehenden Verankerungsmitteln 10, die sich bis zu Innenfläche 8 der Zwischenschicht 7 erstrecken, verbinden können bzw. die durchgehenden Verankerungsmittel 10 dienen als Wachstumskeim, insbesondere beim epitaktischen Wachstum, beim Beschichten der Zwischenschicht 7 mit dem keramischen Material der äußeren Schicht 9.

Die Figuren 10 bis 13 zeigen ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung des Schichtsystems 1.

Die äußere Schicht 9 und die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder inneren Verankerungsmittel 13 werden beispielsweise schichtweise hergestellt, d.h. die äußere Schicht 9 wird erzeugt und danach oder gleichzeitig die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder inneren Verankerungsmittel 13. Keinesfalls werden zuerst die Verankerungsmittel zumindest größtenteils oder ganz erzeugt und dann die Schicht oder umgekehrt.

So wird ausgehend von dem Substrat 4, das noch keine äußere Schicht 9 aufweist (Fig. 10), schichtweise Material für die äußere Schicht 9 in Teilschichten 9' (Fig. 11), 9'' (Fig. 12), 9''' (Fig. 13) aufgetragen und ebenso schichtweise werden die durchgehenden Verankerungsmittel 10 in Verankerungsmittelschichten 10', 10'', 10''' erzeugt.

Auch die inneren Verankerungsmittel 13 können schichtweise erzeugt werden (nicht dargestellt).

Je nachdem, ob durchgehende Verankerungsmittel 10 oder innere Verankerungsmittel 13 erzeugt werden sollen, wird an den Stellen, wo ein durchgehendes Verankerungsmittel 10 oder ein inneres Verankerungsmittel 13 ausgebildet sein soll, die Stelle beispielsweise mittels eines Lasers erwärmt und aufgeschmolzen, d.h. die Temperatur wird temporär und lokal erhöht.

Soll ein inneres Verankerungsmittel 13 erzeugt werden (Fig. 12, 13), das sich nicht bis zur äußeren Oberfläche 16 der äußeren Schicht 9 erstrecken soll, so wird ab einer bestimmten Höhe die äußeren Schicht 9', 9'' nicht mehr lokal aufgeschmolzen (Figur 12).

Die Ausführungen bezüglich der äußeren Schicht 9 gelten analog für eine Zwischenschicht 7, auf die noch eine äußere Schicht 9 aufgebracht wird oder analog für eine äußere Schicht 9 auf einer Zwischenschicht 7.

Die Figuren 14 bis 16 zeigen ein weiteres erfindungsgemäßes Verfahren.

Hier ist auf dem Substrat 4 schon eine äußere Schicht 9 zumindest teilweise vorhanden. Dies ist insbesondere der Fall, wenn es sich um ein zu reparierendes Bauteil 1 handelt, das beispielsweise im Einsatz war und insbesondere eine lokale Beschädigung in Form einer Vertiefung 34 aufweist.

Ein Bereich um diese Vertiefung 34 ist beispielsweise geschwächt oder war im Einsatz erhöhten Anforderungen ausgesetzt, sodass der Bereich während des Einsatzes oder danach abgetragen wurde und die Vertiefung 34 entstand.

5

Dann wird in einem ersten Schritt beispielsweise mittels eines Lasers 17 (oder Elektronenstrahlkanone) und seiner Laserstrahlen 19 das Material in der Vertiefung 34 behandelt (Figur 14), sodass sich durchgehende Verankerungsmittel 10 oder innere Verankerungsmittel 13 bilden (Figur 15).

10

In einem weiteren Verfahrensschritt (Fig. 16) wird die Vertiefung 34 mit Schichtmaterial 25 beispielsweise aus einem Materialförderer 22 aufgefüllt (beispielsweise durch Laserauftragsschweißen), wobei entweder nur Schichtmaterial 25 aufgefüllt wird, ohne dass das innere Verankerungsmittel 13 gemäß Figur 15 weiter ausgebildet wird, sodass ein inneres Verankerungsmittel 13 entsteht, das sich nicht bis zur äußeren Oberfläche 16 erstreckt oder beispielsweise der Laser 17 für das Laserauftragsschweißen wird beispielsweise ebenfalls benutzt, um das durchgehende Verankerungsmittel 10 gemäß Figur 15 bis zur äußeren Oberfläche 16 wachsen zu lassen. Dabei entsteht in der Vertiefung 34 ein neu gebildeter Schichtbereich 28.

15

20

25

Das durchgehende Verankerungsmittel 10 oder das innere Verankerungsmittel 13 kann sich, muss aber nicht ebenfalls mit einem Anteil 14 (gestrichelt angedeutet) in das Substrat 4 erstrecken bzw. eine Form gemäß Figur 8, 9 aufweisen.

30

Das Schichtmaterial 25 kann Material der äußeren Schicht 9 oder des Substrats 4 sein, aber auch eine andere Zusammensetzung aufweisen.

35

Die Ausführungen gelten analog für eine Zwischenschicht 7, auf die noch eine äußere Schicht 9 aufgebracht wird (Fig. 17 - 19).

Ebenso kann in der Vertiefung 34 lokal keine Zwischenschicht 7 vorhanden sein und es wird Schichtmaterial 25 beispielsweise der Zwischenschicht 7 auf die Substratoberfläche 5 aufgetragen und durchgehende Verankerungsmittel 10 oder innere Verankerungsmittel 13 werden erzeugt (Fig. 20 - 22).

Der neu gebildete Schichtbereich 28 kann auch das durchgehende Verankerungsmittel 10 oder das innere Verankerungsmittel 13 bilden, sodass das durchgehende Verankerungsmittel (10) oder das innere Verankerungsmittel (13) der Vertiefung 34 entspricht, also ausfüllt (Fig. 14 bis 22).

Figur 23, 24 zeigen weitere Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Schichtsystems 1.

Zur Herstellung der äußeren Schicht 9 wird beispielsweise ein Plasmabrenner 31: APS, VPS, LPPS (Figur 23) verwendet.

Mittels eines Lasers 17 und seiner Laserstrahlen 19 wird dabei beispielsweise gleichzeitig, beispielsweise durch Aufschmelzen ein durchgehendes Verankerungsmittel 10 oder inneres Verankerungsmittel 13 erzeugt, in dem zumindest zeitweise an den für die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder die inneren Verankerungsmittel 13 vorgegebenen Stellen das Material mittels des Lasers 17 behandelt, also beispielsweise aufgeschmolzen wird.

Ebenso können zwei Laser 17, 17' (Fig. 17) verwendet werden, wobei ein Laser 17' für das Auftragsverfahren verwendet wird, beispielsweise Laserauftragsschweißen unter Zuhilfenahme eines Materialförderers 22 (beispielsweise Pulverförderer), der das Schichtmaterial 25 liefert, und ein Laser 17, der wie in Figur 17 die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder die inneren Verankerungsmittel 13 erzeugt.

In den Figuren 14 - 24 können die Zwischenschichten 7 oder die äußere Schicht 9 und die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder die inneren Verankerungsmittel 13 schichtweise erzeugt werden.

Anstelle der Laser 17, 17' oder Plasmabrenner 31 können auch Elektronenstrahlkanonen verwendet werden. Die Verwendung von Lasern, Plasmabrennern ist nicht beschränkt auf die Ausführungsformen auf die durchgehenden Verankerungsmittel 10 oder die inneren Verankerungsmittel 13, die sich mit einem Anteil 14 in das Substrat 4 oder die Zwischenschicht 7 erstrecken bzw. auf eine spezielle Querschnittsform wie in Fig. 9, 8.

Die Verankerungsmittel wie oben beschrieben können auch für Vielschichtsysteme mit oder ohne Substrat verwendet werden, wie sie vorzugsweise bei CMC Materialien vorhanden sind. Diese keramischen CMC Materialien aus Fasern, insbesondere Kohlenstofffasern, weisen viele interlaminaire Schichten auf. Durch die Verankerungsmittel zwischen den jeweiligen Schichten kann die Festigkeit der Schichten untereinander verbessert werden. Die einzelnen Schichten werden quasi miteinander vernäht.

Die Figur 25 zeigt eine Gasturbine 100 in einem Längsteilschnitt.

Die Gasturbine 100 weist im Inneren einen um eine Rotationsachse 102 drehgelagerten Rotor 103 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 106, mit mehreren koaxial angeordneten Brennern 107, eine Turbine 108 und das Abgasgehäuse 109. Die Ringbrennkammer 106 kommuniziert mit einem beispielsweise ringförmigen Heißgaskanal 111. Dort bilden beispielsweise vier

hintereinander geschaltete Turbinenstufen 112 die Turbine 108. Jede Turbinenstufe 112 ist aus zwei Schaufelringen gebildet. In Strömungsrichtung eines Arbeitsmediums 113 gesehen folgt im Heißgaskanal 111 einer Leitschaufelreihe 115 eine
5 aus Laufschaufeln 120 gebildete Reihe 125.

Die Leitschaufeln 130 sind dabei am Stator 143 befestigt, wohingegen die Laufschaufeln 120 einer Reihe 125 mittels einer Turbinenscheibe 133 am Rotor 103 angebracht sind. An dem
10 Rotor 103 angekoppelt ist ein Generator oder eine Arbeitsmaschine (nicht dargestellt).

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 Arbeitsmedium
15 113 entlang des Heißgaskanals 111 vorbei an den Leitschaufeln 130 und den Laufschaufeln 120. An den Laufschaufeln 120 entspannt sich das Arbeitsmedium 113 impulsübertragend, sodass die Laufschaufeln 120 den Rotor 103 antreiben und dieser die an ihn angekoppelte Arbeitsmaschine.
20

25 Die dem heißen Arbeitsmedium 113 ausgesetzten Bauteile unterliegen während des Betriebes der Gasturbine 100 thermischen Belastungen. Die Leitschaufeln 130 und Laufschaufeln 120 der in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums 113 gesehen ersten
30 Turbinenstufe 112 werden neben den die Ringbrennkammer 106 auskleidenden Hitzeschildsteinen am meisten thermisch belastet. Um den dort herrschenden Temperaturen standzuhalten, werden diese mittels eines Kühlmittels gekühlt. Ebenso können die Schaufeln 120, 130 Beschichtungen gegen Korrosion
35 (MCrAlX; M = Fe, Co, Ni, X=Y, Seltenen Erden) und Wärme (Wärmedämmschicht, beispielsweise ZrO_2 , Y_2O_3 - ZrO_2) aufweisen.

Die Leitschaufel 130 weist einen dem Innengehäuse 138 der Turbine 108 zugewandten Leitschaufelfuß (hier nicht dargestellt) und einen dem Leitschaufelfuß gegenüberliegendem Leitschaufelkopf auf. Der Leitschaufelkopf ist dem Rotor 103
5 zugewandt und an einem Befestigungsring 140 des Stators 143 festgelegt.

Die Figur 26 zeigt eine Brennkammer 110 einer Gasturbine 100.
10 Die Brennkammer 110 ist beispielsweise als so genannte Ringbrennkammer ausgestaltet, bei der eine Vielzahl von in Umfangsrichtung um die Turbinenwelle 103 herum angeordneten Brennern 107 in einen gemeinsamen Brennkammerraum münden. Dazu ist die Brennkammer 110 in ihrer Gesamtheit als ringförmige Struktur ausgestaltet, die um die Turbinenwelle 103
15 herum positioniert ist.

Zur Erzielung eines vergleichsweise hohen Wirkungsgrades ist die Brennkammer 110 für eine vergleichsweise hohe Temperatur
20 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
25 155 gebildeten Innenauskleidung versehen. Jedes Hitzeschildelement 155 ist arbeitsmediumsseitig mit einer besonders hitzebeständigen Schutzschicht ausgestattet oder aus hochtemperaturbeständigem Material gefertigt. Aufgrund der hohen Temperaturen im Inneren der Brennkammer 110 ist zudem für die
30 Hitzeschildelemente 155 bzw. für deren Halteelemente ein Kühlsystem vorgesehen.

Figur 27 zeigt in perspektivischer Ansicht eine Laufschaufel
35 120 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.

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

Als Leitschaukel 130 kann die Schaufel 130 an ihrer Schaufel-
10 spitze 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
15 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.
20

Bei herkömmlichen Schaufeln 120, 130 werden in allen Bereichen 400, 403, 406 der Schaufel 120, 130 beispielsweise massive metallische Werkstoffe, insbesondere Superlegierungen
25 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
30 Zusammensetzung der Legierung Teil der Offenbarung.

Die Schaufel 120, 130 kann hierbei durch ein Gussverfahren, auch mittels gerichteter Erstarrung, durch ein Schmiedeverfahren, durch ein Fräsverfahren oder Kombinationen daraus gefertigt sein.
35

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 Teil der Offenbarung.

Ebenso können die Schaufeln 120, 130 Beschichtungen gegen Korrosion oder Oxidation (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 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. Durch geeignete Beschichtungsverfahren wie z.B. Elektronenstrahlverdampfen (EB-PVD) werden stängelförmige Körner in der
10 Wärmedämmschicht erzeugt.

Wiederaufarbeitung (Refurbishment) bedeutet, dass Bauteile 120, 130 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 im Bauteil 120, 130 repariert. Danach erfolgt eine Wiederbeschichtung des Bauteils 120, 130 und ein erneuter Ein-
15 satz des Bauteils 120, 130.
20

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 Filmkühlöffnungen 418 (gestrichelt angedeutet) auf.
25

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Schichtsystems (1),
5 zumindest bestehend aus
 einem Substrat (4) und
 einer äußeren Schicht (9),
 insbesondere mit zumindest einer Zwischenschicht (7),
 wobei die äußere Schicht (9) oder die Zwischenschicht (7)
10 aufgrund einer Vertiefung (34) nur zumindest teilweise auf
 dem Substrat (4) oder auf der Zwischenschicht (7) vorhanden
 ist,

 dadurch gekennzeichnet,
15
 dass auf dem Substrat (4) oder in der Zwischenschicht (7)
 oder in der äußeren Schicht (9)
 säulenartige, durchgehende Verankerungsmittel (10) oder
 säulenartige, innere Verankerungsmittel (13) in der Vertie-
20 fung (34) erzeugt werden, und
 dass im gleichen oder in einem weiteren Verfahrensschritt
 Schichtmaterial (25) zumindest in die Vertiefung (34) auf-
 getragen wird und ein durch das Schichtmaterial (25) neu
 gebildeter Schichtbereich (28) und/oder säulenartige,
25 durchgehende Verankerungsmittel (10) oder säulenartige,
 innere säulenartige Verankerungsmittel (13) in der Vertie-
 fung (34) erzeugt werden.

30

35

2. Verfahren zur Herstellung eines Schichtsystems (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

5 dass ein Apparat (17), ausgewählt aus der Gruppe zumindest enthaltend Laser oder Plasmabrenner, insbesondere ein Laser, verwendet wird, um eine Zwischenschicht (7) oder eine äußere Schicht (9) zu erzeugen,
10 insbesondere durch Laserauftragsschweißen, und dass ein Apparat (17') ausgewählt aus der Gruppe zumindest enthaltend Laser oder Plasmabrenner, verwendet wird, um säulenartige, durchgehende Verankerungsmittel (10) oder
15 säulenartige, innere Verankerungsmittel (13) auf dem Substrat (4), in der Zwischenschicht (7) oder in der äußeren Schicht (9) zu erzeugen.

20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

dass ein Plasmabrenner (31) oder ein Laser (17') verwendet wird,
25 um die Zwischenschicht (7) oder die äußere Schicht (9) zu erzeugen, und dass ein Laser (17) verwendet wird, um während der Beschichtung die durchgehenden Verankerungsmittel (10) oder die inneren Verankerungsmittel (13) zu er-
30 zeugen.

35

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet, dass

5 die durchgehenden Verankerungsmittel (10) oder die inneren
Verankerungsmittel (13) durch einen Laserschweißprozess
hergestellt werden.

10 5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

15 die durchgehenden Verankerungsmittel (10) oder die inneren
Verankerungsmittel (13) durch Elektronenbestrahlung erzeugt
werden.

15

6. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3, 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet, dass

20 die durchgehenden Verankerungsmittel (10) oder die inneren
Verankerungsmittel (13) so hergestellt werden,
dass sie eine schmelzmetallurgische Anbindung an das Sub-
strat (4) oder an die Zwischenschicht (7) aufweisen.

25

7. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3, 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet, dass

30 die Temperatur in der herzustellenden Zwischenschicht (7)
oder in der äußeren Schicht (9) temporär und lokal erhöht
wird,

um die durchgehenden Verankerungsmittel (10) oder die inne-
ren Verankerungsmittel (13) zu erzeugen.

35

8. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

5 als Apparat (17, 17') eine Elektronenstrahlkanone verwendet
wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

10

als Schichtsystem ein Schichtsystem (1) mit einer Zwischen-
schicht (7),
insbesondere aus einer Legierung des Typs MCrAlX,
und eine keramische äußere Schicht (9) erzeugt wird.

15

10. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

20

in der Zwischenschicht (7) und der äußeren Schicht (9)
durchgehende Verankerungsmittel (10) oder innere Veranke-
rungsmittel (13) erzeugt werden.

25

11. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

30

nur in der äußeren Schicht (9) durchgehende Verankerungs-
mittel (10) oder innere Verankerungsmittel (13) erzeugt
werden.

35

12. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

5 nur in der Zwischenschicht (7) durchgehende Verankerungs-
mittel (10) oder innere Verankerungsmittel (13) erzeugt
werden.

13. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen
10 Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

15 für das Material der durchgehenden Verankerungsmittel (10)
oder der inneren Verankerungsmittel (13) ein Material der
Zwischenschicht (7), der äußeren Schicht (9) oder des Sub-
strats (4) verwendet wird.

14. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen
20 Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

25 für das Material der durchgehenden Verankerungsmittel (10)
oder der inneren Verankerungsmittel (13) ein von dem Mate-
rial der Zwischenschicht (7) oder der äußeren Schicht (9)
oder des Substrats (4) verschiedenes Material verwendet
wird.

30 15. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen
Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

35 die durchgehenden Verankerungsmittel (10) oder die inneren
Verankerungsmittel (13) lokal begrenzt auf dem Substrat (4)
oder der Zwischenschicht (7) erzeugt werden.

16. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

5

die durchgehenden Verankerungsmittel (10) nur bis zu einer
Innenfläche (8) der Zwischenschicht (7) oder nur bis zur
äußeren Oberfläche (16) der äußeren Schicht (9) erzeugt
werden.

10

17. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

15

die inneren Verankerungsmittel (13) nur innerhalb der Zwi-
schenschicht (7) oder der äußeren Schicht (9),
insbesondere mit einer Mindestdicke von über mindestens 10%
der Dicke der Zwischenschicht (7) oder der äußeren Schicht
(9) erzeugt werden.

20

18. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass

25

durch Auffüllen der Vertiefung (34) das Verankerungsmittel
so gebildet wird,
dass das durchgehende Verankerungsmittel (10) oder das
innere Verankerungsmittel (13) die Vertiefung (34) aus-
füllt.

30

35

19. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

5 das Schichtsystem (1) ein neu hergestelltes oder ein wieder-
aufgearbeitetes Bauteil einer Gas- (100) oder Dampftur-
bine ist,
insbesondere eine Turbinenschaufel (120, 130), ein Hitze-
schildelemente (155) oder ein Gehäuseteil entlang des Strö-
mungsweges eines Heißgases.

10

20. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

15 das Schichtsystem (1) ein Vielfachschichtsystem mit oder
ohne Substrat (4) darstellt.

21. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 20,
20 dadurch gekennzeichnet, dass

das Vielfachschichtsystem (1) ein CMC Material ist.

25 22. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 20 oder 21,
dadurch gekennzeichnet, dass

die Verankerungsmittel (10, 13) zwischen interlamina-
ren Schichten des Vielfachschichtsystems vorhanden sind.

30

FIG 1

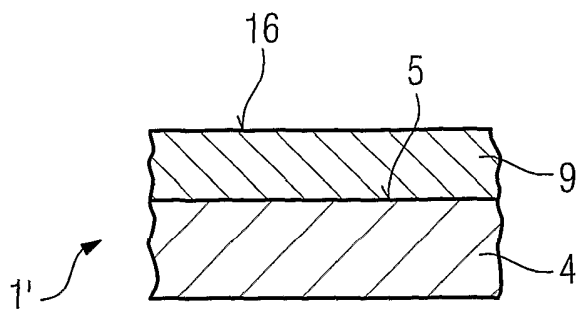


FIG 2

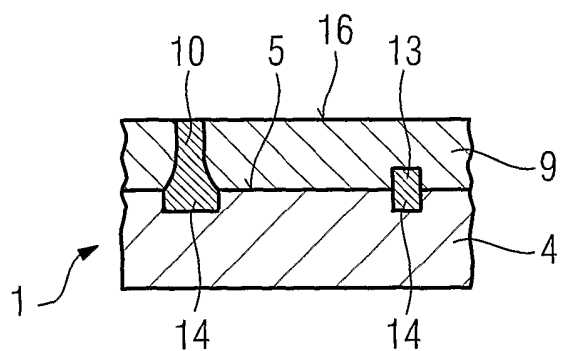


FIG 3

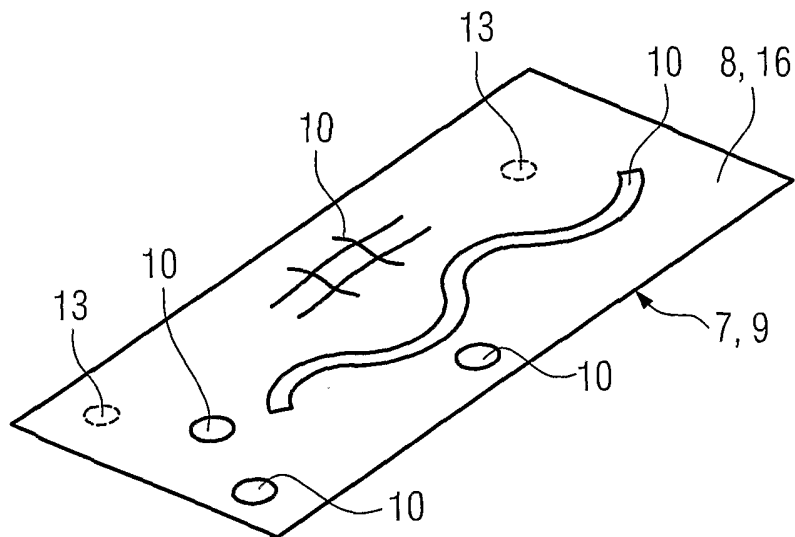


FIG 4

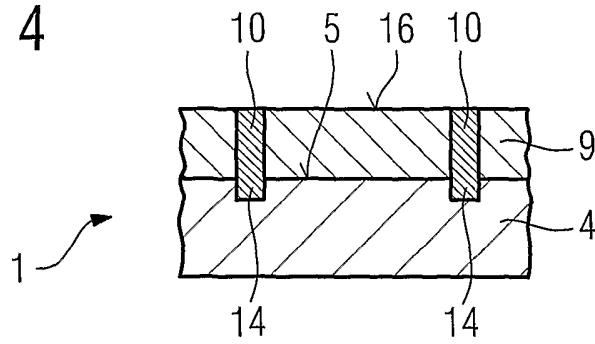


FIG 5

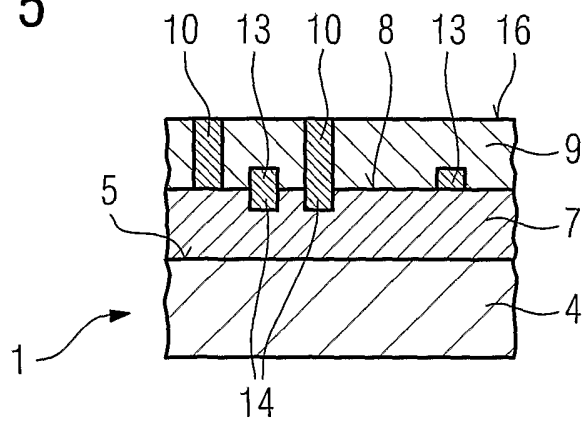


FIG 6

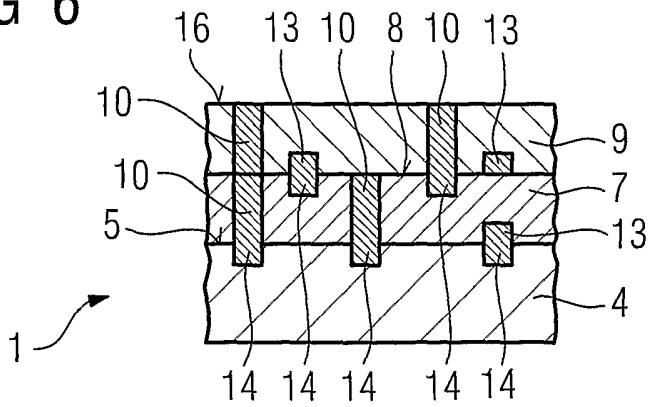


FIG 7

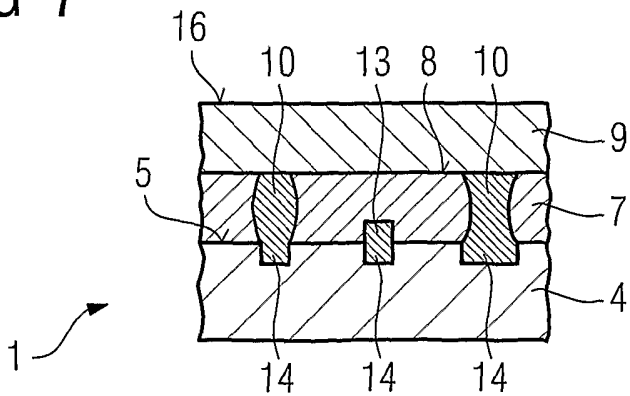


FIG 8

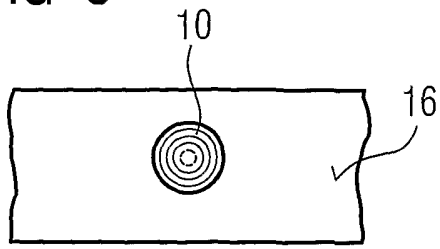


FIG 9

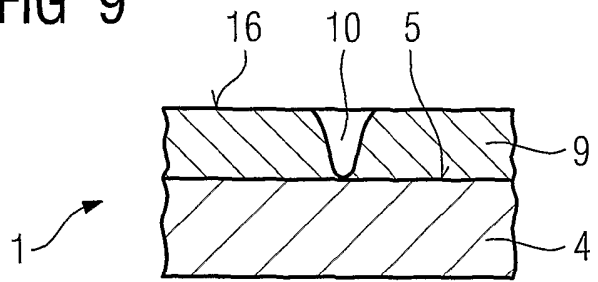


FIG 10

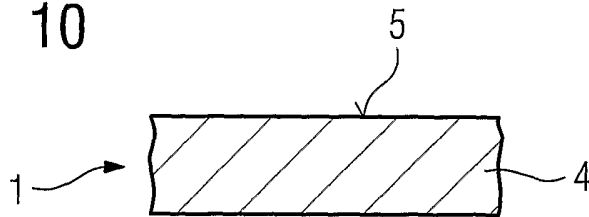


FIG 11

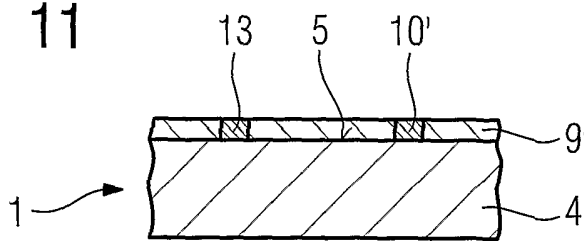


FIG 12

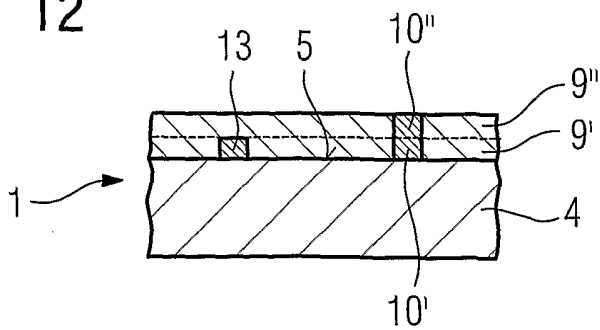


FIG 13

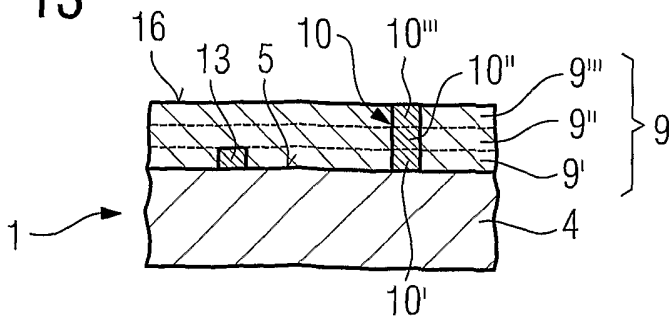


FIG 14

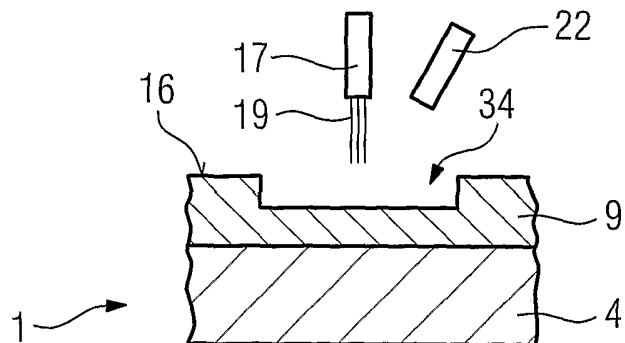


FIG 15

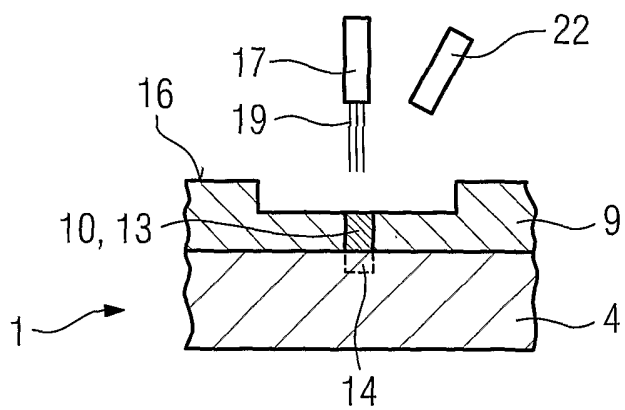


FIG 16

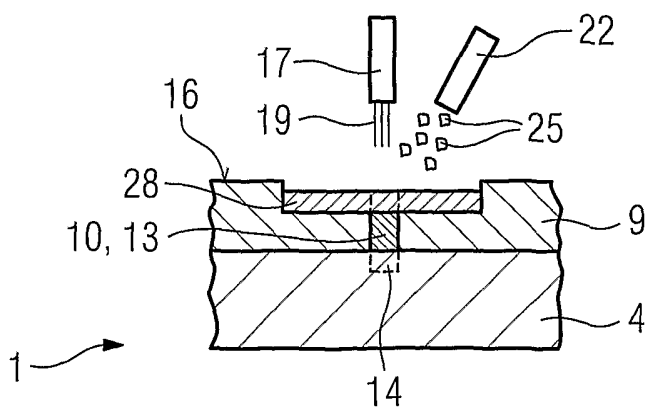


FIG 17

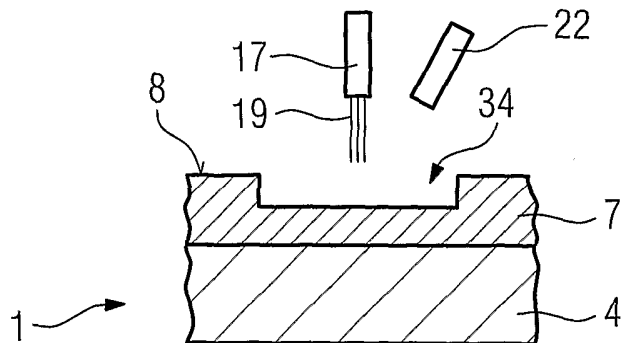


FIG 18

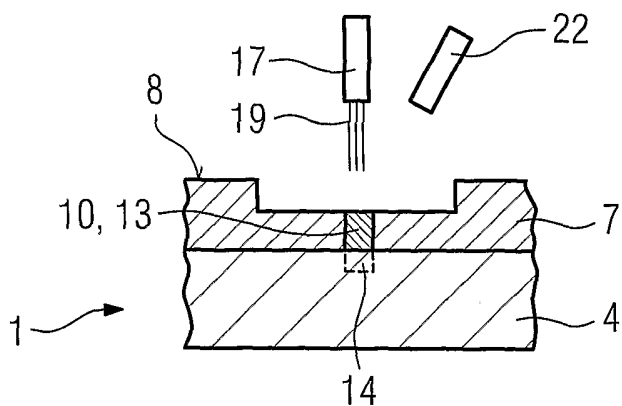


FIG 19

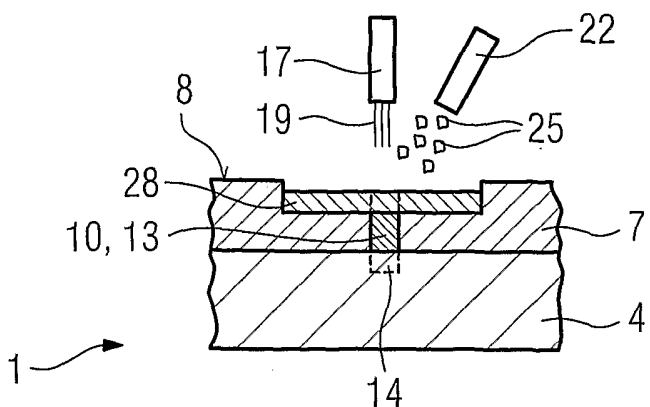


FIG 20

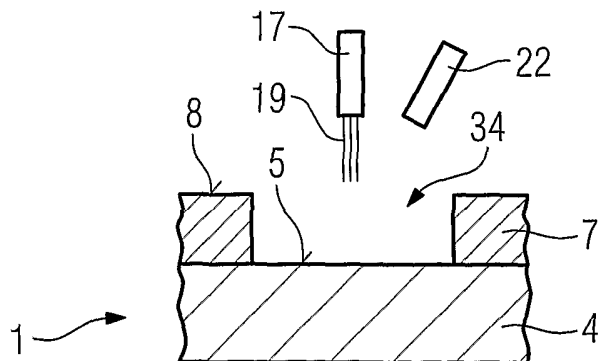


FIG 21

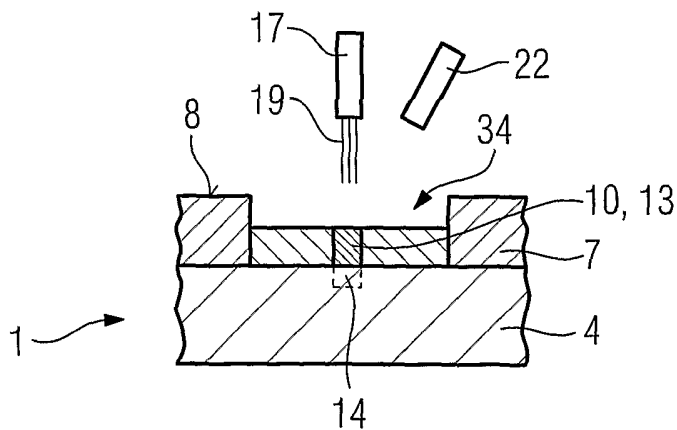


FIG 22

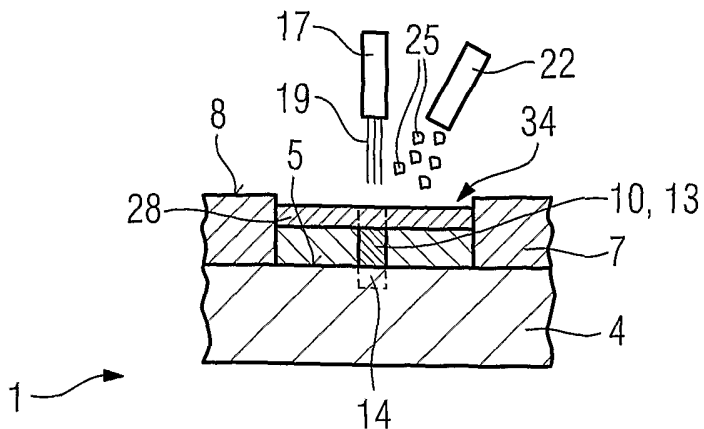


FIG 23

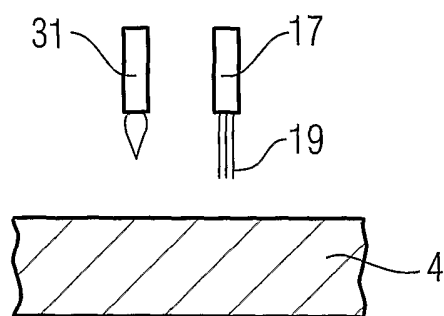


FIG 24

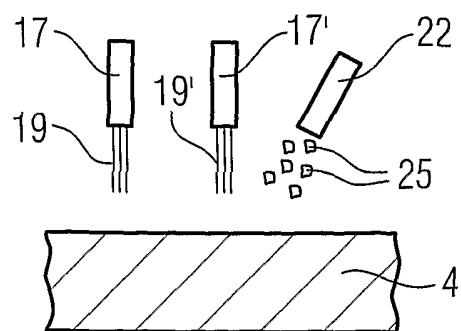


FIG 25

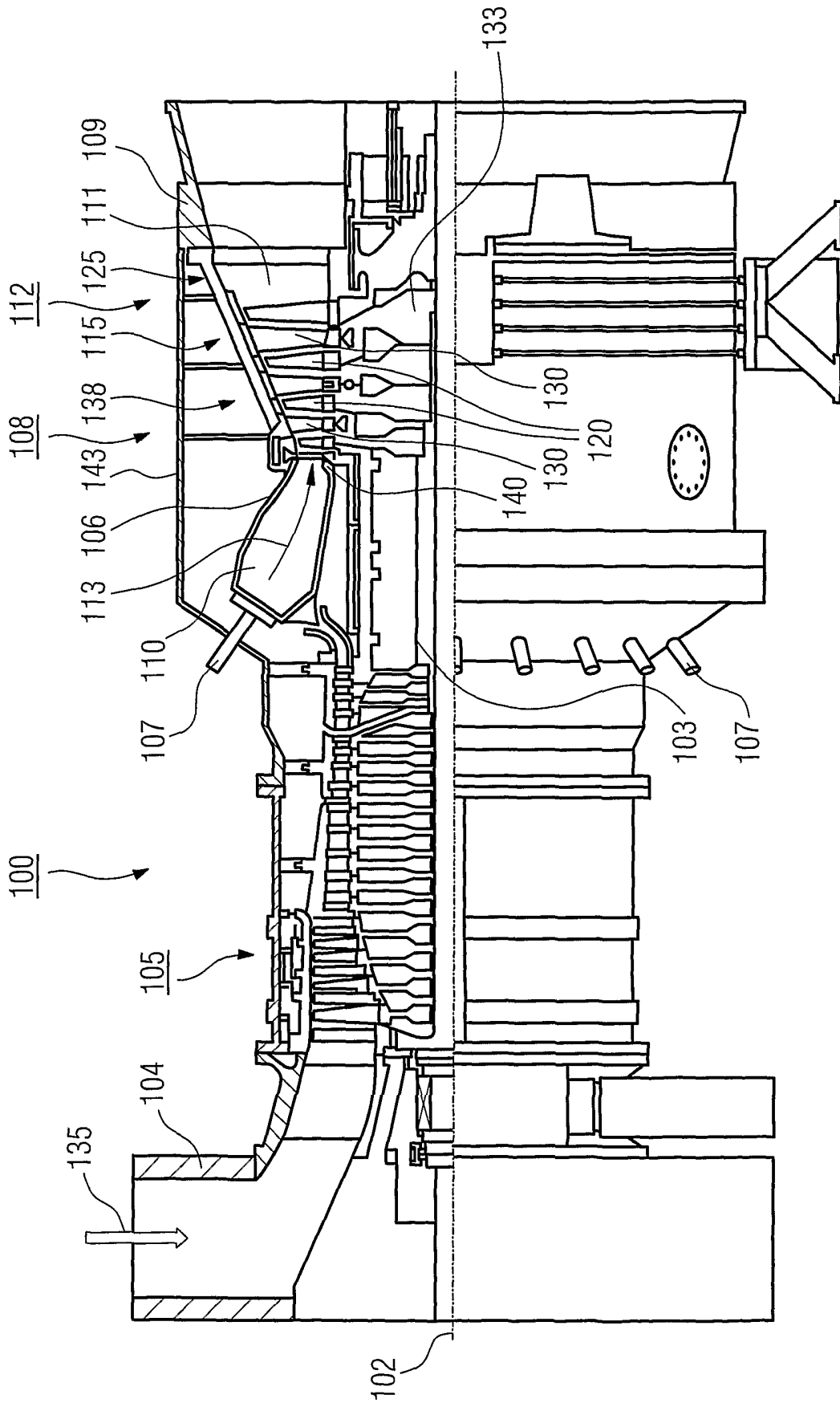


FIG 26

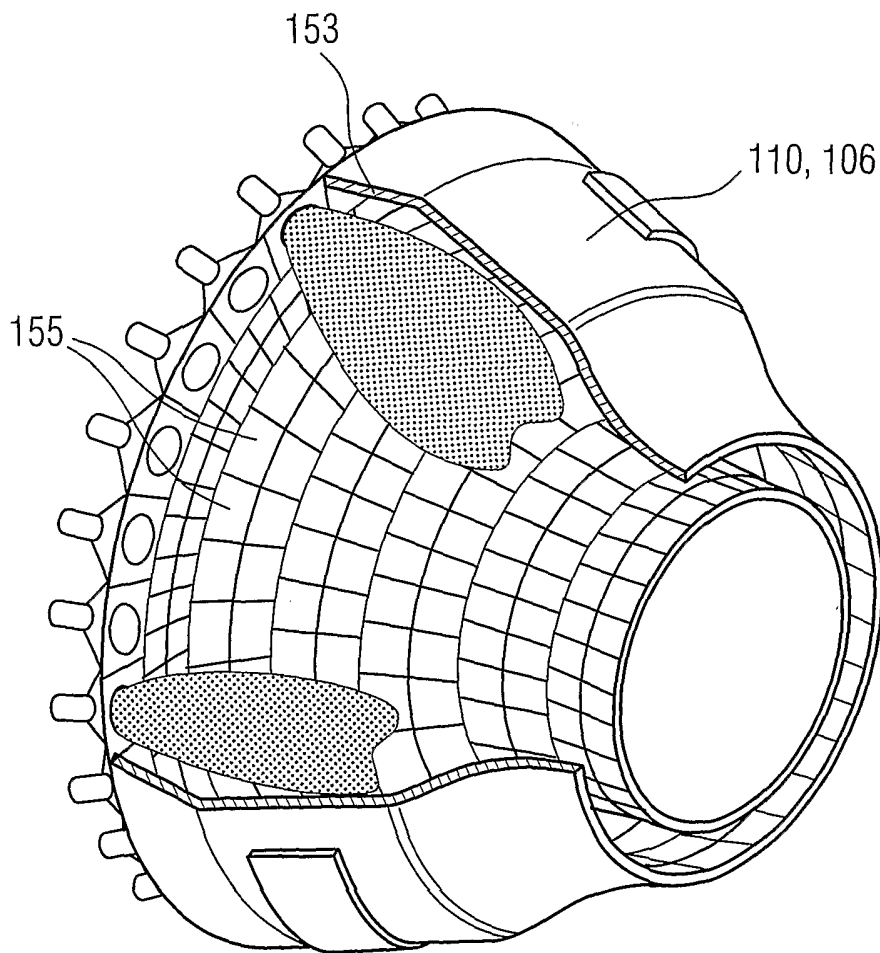
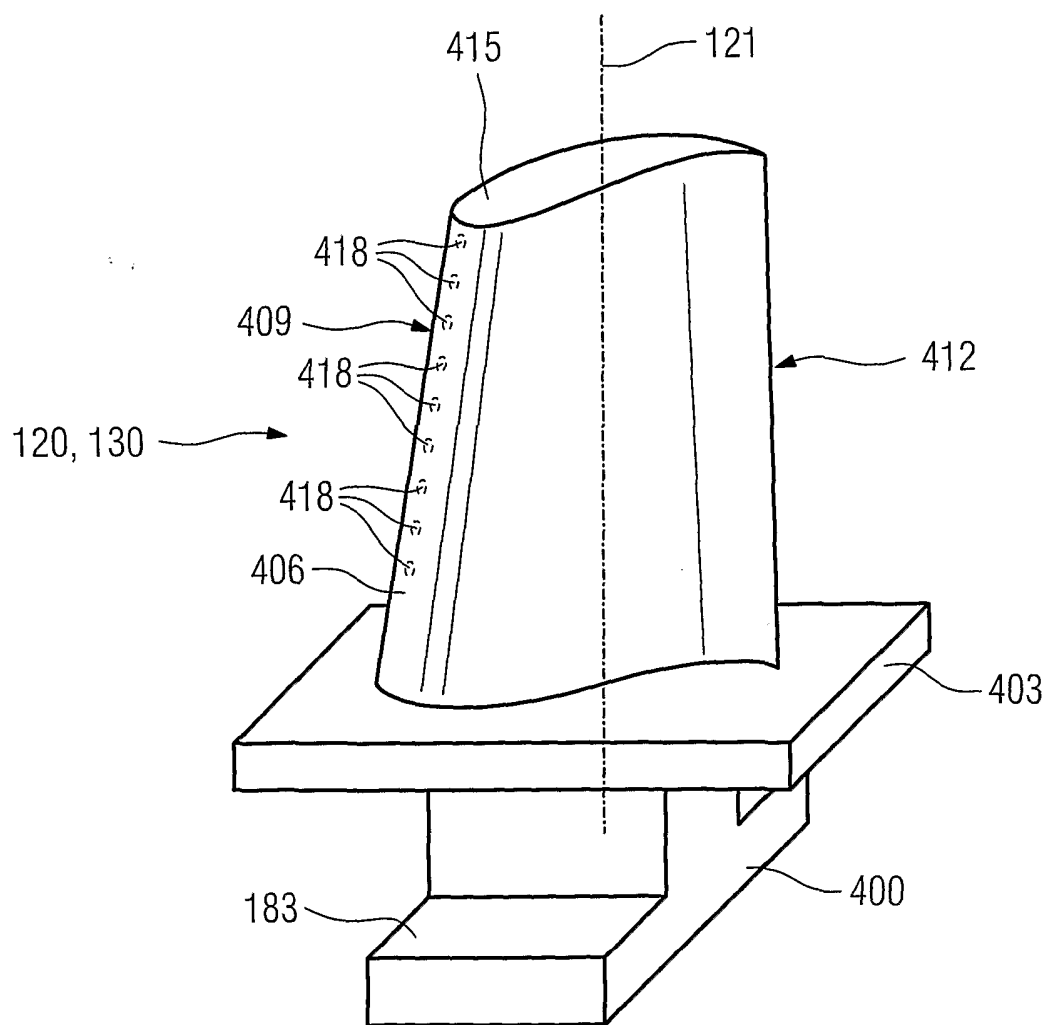


FIG 27



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/054303

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
C23C4/02	C23C4/08	C23C28/00 B23K26/22 B23K26/34
B23K10/02	B23K15/00	F01D5/28
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 B23K F01D		
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, PAJ, COMPENDEX, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 30 38 416 A (GEN ELECTRIC) 27 August 1981 (1981-08-27) page 4, line 19 - page 6, line 30; figures 1-3; example 1 -----	1,6,9, 13-15, 19,20
X	WO 02/092872 A (SIEMENS WESTINGHOUSE POWER) 21 November 2002 (2002-11-21) page 5, line 15 - page 9, line 3; claims 1-6,25; figures 2A,2B,2C,2D,2E page 11, line 7 - page 12, line 13; figure 6 -----	1,11-22
X	EP 0 808 913 A (GEN ELECTRIC) 26 November 1997 (1997-11-26) column 3, line 16 - column 7, line 22; figures 1-3 ----- -/--	1,2,9, 10, 13-20,22
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
° Special categories of cited documents :		
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 6 December 2005		Date of mailing of the international search report 19/12/2005
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 Hoyer, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/054303

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 100 57 187 A (ALSTOM SWITZERLAND LTD) 23 May 2002 (2002-05-23) cited in the application	1-4,6,7, 11,15-18
Y	paragraphs '0024! - '0029!, '0035! - '0055!; figures 4-11 paragraphs '0062! - '0068!; figures 1-3 -----	5,8
Y	DE 100 05 874 A (ABB ALSTOM POWER CH AG) 16 August 2001 (2001-08-16) column 1, line 64 - column 2, line 55; figures 1a,1b,1c,2a,2b,2c,3 -----	5,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/EP2005/054303

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3038416	A	27-08-1981	FR 2467291 A1	17-04-1981
			GB 2062115 A	20-05-1981
			IT 1132806 B	09-07-1986
			JP 1016962 B	28-03-1989
			JP 1531800 C	24-11-1989
			JP 56054905 A	15-05-1981
			US 4280975 A	28-07-1981
WO 02092872	A	21-11-2002	EP 1461472 A2	29-09-2004
			US 2005214564 A1	29-09-2005
			US 2002172799 A1	21-11-2002
EP 0808913	A	26-11-1997	DE 69707056 D1	08-11-2001
			DE 69707056 T2	27-06-2002
			US 5723078 A	03-03-1998
DE 10057187	A	23-05-2002	NONE	
DE 10005874	A	16-08-2001	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2005/054303

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES C23C4/02 C23C4/08 C23C28/00 B23K26/22 B23K26/34 B23K10/02 B23K15/00 F01D5/28				
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK				
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) C23C B23K F01D				
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, PAJ, COMPENDEX, INSPEC				
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN				
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.		
X	DE 30 38 416 A (GEN ELECTRIC) 27. August 1981 (1981-08-27) Seite 4, Zeile 19 - Seite 6, Zeile 30; Abbildungen 1-3; Beispiel 1 -----	1,6,9, 13-15, 19,20		
X	WO 02/092872 A (SIEMENS WESTINGHOUSE POWER) 21. November 2002 (2002-11-21) Seite 5, Zeile 15 - Seite 9, Zeile 3; Ansprüche 1-6,25; Abbildungen 2A,2B,2C,2D,2E Seite 11, Zeile 7 - Seite 12, Zeile 13; Abbildung 6 ----- -/--	1,11-22		
<table border="0"> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie</td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen	<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen	<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie			
<p> * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist </p>				
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 6. Dezember 2005		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 19/12/2005		
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 Hoyer, W		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2005/054303

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 808 913 A (GEN ELECTRIC) 26. November 1997 (1997-11-26) Spalte 3, Zeile 16 - Spalte 7, Zeile 22; Abbildungen 1-3 -----	1,2,9, 10, 13-20,22
X	DE 100 57 187 A (ALSTOM SWITZERLAND LTD) 23. Mai 2002 (2002-05-23) in der Anmeldung erwähnt	1-4,6,7, 11,15-18
Y	Absätze '0024! - '0029!, '0035! - '0055!; Abbildungen 4-11 Absätze '0062! - '0068!; Abbildungen 1-3 -----	5,8
Y	DE 100 05 874 A (ABB ALSTOM POWER CH AG) 16. August 2001 (2001-08-16) Spalte 1, Zeile 64 - Spalte 2, Zeile 55; Abbildungen 1a,1b,1c,2a,2b,2c,3 -----	5,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/054303

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3038416	A	27-08-1981	FR 2467291 A1	17-04-1981
			GB 2062115 A	20-05-1981
			IT 1132806 B	09-07-1986
			JP 1016962 B	28-03-1989
			JP 1531800 C	24-11-1989
			JP 56054905 A	15-05-1981
			US 4280975 A	28-07-1981
WO 02092872	A	21-11-2002	EP 1461472 A2	29-09-2004
			US 2005214564 A1	29-09-2005
			US 2002172799 A1	21-11-2002
EP 0808913	A	26-11-1997	DE 69707056 D1	08-11-2001
			DE 69707056 T2	27-06-2002
			US 5723078 A	03-03-1998
DE 10057187	A	23-05-2002	KEINE	
DE 10005874	A	16-08-2001	KEINE	