

(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  
2. Mai 2013 (02.05.2013)



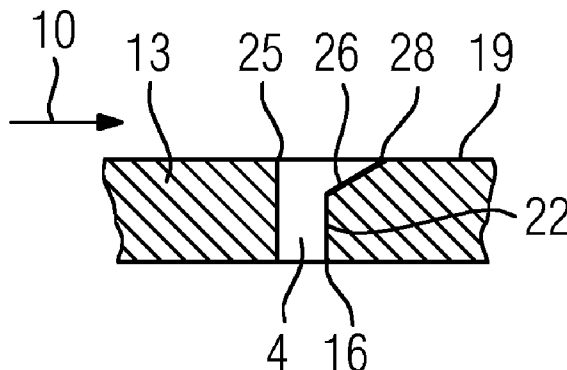
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2013/060499 A1**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
*F01D 5/28* (2006.01) *F23R 3/00* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/066062
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
17. August 2012 (17.08.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
11186464.1 25. Oktober 2011 (25.10.2011) 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):** AHMAD, Fathi [DE/DE]; Moselstr. 1, 41564 Kaarst (DE). MENKE, Christian [DE/DE]; Thusneldastr. 25, 45329 Essen (DE). PAUL, Uwe [DE/DE]; Am Waldrand 1, 40882 Ratingen (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, 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, 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, QA, RO, RS, RU, RW, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**  
— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) **Title:** SURFACE HAVING SPECIALLY FORMED RECESSES AND COMPONENT

(54) **Bezeichnung :** OBERFLÄCHE MIT SPEZIELL AUSGEFORMTEN VERTIEFUNGEN UND BAUTEIL

**FIG 3**



(57) **Abstract:** Due to the special asymmetrical shape in a recess (4) of a ceramic surface (19), thermomechanically induced stresses in the ceramic can be better reduced during the operation of a component, and thus the crack propagation and the subsequent flaking of the ceramic layer from the component can be reduced and even prevented. The aerodynamics of the cooling air flow in the area of said geometries of the recesses proposed herein are likewise improved.

(57) **Zusammenfassung:** Durch die besondere asymmetrische Gestaltung in einer Vertiefung (4) einer keramischen Oberfläche (19) können thermomechanisch induzierte Spannungen in der Keramik während des Betriebs einer Komponente besser abgebaut werden und damit der Rißfortschritt und die darauffolgende Abplatzung der Keramikschiicht von der Komponente reduziert und sogar verhindert werden. Ebenfalls verbessert sich die Aerodynamik des Kühlluftstroms im Bereich dieser hier vorgeschlagenen Geometrien der Vertiefungen.

WO 2013/060499 A1

Oberfläche mit speziell ausgeformten Vertiefungen und Bauteil

Die Erfindung betrifft die spezielle Ausgestaltung von läng-  
5 lichen Vertiefungen innerhalb einer Oberfläche und ein Bau-  
teil.

Keramische Materialien weisen im Gegensatz zu Metallen eine  
geringere Duktilität auf und durch Spannungen können Risse  
10 entstehen. Insbesondere bei mit Keramik beschichteten Bautei-  
len, wie Gasturbinenbauteile, kann es in der keramischen  
Schicht zu Abplatzungen kommen. Dies passiert vor allem in  
Bereichen von Kühlluftbohrungsaustritten in Form von soge-  
nannten „Shaped Holes“ an der Oberfläche der Keramiksicht.  
15 Hier entstehen im Betrieb einer hohlgegossenen und gekühlten  
Turbinenschaufel hohe Wärmespannungen, die zum vorzeitigen  
Einriss der Keramiksicht und dann zum Abplatzen führen.  
Deswegen werden oft Vertiefungen, wie in der WO 2009/126194  
A1, eingefügt.

20

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, dieses Problem zu lösen.  
Die Aufgabe wird gelöst durch eine Oberfläche gemäß Anspruch  
1 und ein Bauteil gemäß Anspruch 12.

25 In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Maßnahmen  
aufgelistet, die beliebig miteinander kombiniert werden kön-  
nen, um weitere Vorteile zu erzielen.

Es zeigen:

30

Figur 1 ein Bauteil mit einer Vertiefung,  
Figur 2, 3 eine spezielle Form der Vertiefung,  
Figur 4 eine Turbinenschaufel,  
Figur 5 eine Brennkammer,  
35 Figur 6 eine Gasturbine und  
Figur 7 eine Liste von Superlegierungen.

Die Beschreibung und die Figuren stellen nur Ausführungsbei-  
spiele der Erfindung dar.

Die Erfindung betrifft generell Oberflächen von massiven Komponenten, Schichten, insbesondere keramische Oberflächen, aber auch Metalle, die eine gewisse Sprödigkeit aufweisen können, wie NiCoCrAlY Legierungen in einem bestimmten Temperaturbereich.

10 Figur 1 zeigt ein nur beispielhaftes Hochtemperaturbauteil 120, 130, 155 (Fig. 4, 5) mit einer Oberfläche 19, das in einer Überströmungsrichtung 10 umströmt wird.

Längliche Vertiefungen 4 sind nicht parallel zu einer Überströmungsrichtung 10 über die Oberfläche 19, sondern um einen  
15 deutlich von  $0^\circ$  verschiedenen Winkel, vorzugsweise unter einem Winkel  $90^\circ \pm 20^\circ$  zur Übertragungsrichtung 10 angeordnet.

Die Vertiefungen 4 weisen eine Längsrichtung 11 auf.

20 Die Vertiefungen 4 werden insbesondere dort eingebracht, wo höchste thermo-mechanische Belastungen zu erwarten sind. Das ist z.B. für die Gasturbinenschaufel 120, 130 der Bereich um die Anströmkante 409 (Fig. 4) und der Bereich um die Kühl-  
luftbohrungen.

25

Figur 2 zeigt einen Querschnitt durch eine Vertiefung 4, die an der Oberfläche 19 eine Vorderkante 25 und Hinterkante 28 aufweist.

30 Die Verbreiterung 26 ist vorzugsweise an der Hinterkante 28, also dem strömungsseitigen Ende ausgebildet.

Die Vertiefung 4 in einem Substrat oder Schicht, insbesondere keramischen Schicht 13, verbreitert sich ausgehend von dem Boden 16 bis zur Oberfläche 19, vorzugsweise stetig (Fig. 2)  
35 oder erst ab einer bestimmten Höhe 22 (Figur 3), d.h. bis zur Höhe 22 ist der Querschnitt quer zur Längsrichtung 11 der Vertiefung 4 konstant.

Die Vertiefung 4 erstreckt sich vorzugsweise nicht über die gesamte Dicke der Schicht 13 (nicht dargestellt) .

Die Vorderkante 25 verläuft vorzugsweise senkrecht zur Oberfläche eines Substrats der Schicht 13 (oder zur Oberfläche 19) .

Wenn die Vorderkante 25 geneigt ist, dann in Überströmungsrichtung.

10

Dadurch wird das Abplatzverhalten verbessert, d.h. das Risswachstum in der Keramikschutzschicht wird gestoppt. Ebenso wird durch die Form der Vertiefung 4 die Aerodynamik einer umströmenden Kühlluft, die aus den Kühlluftlöchern strömt gegenüber herkömmlichen Vertiefungen verbessert. Auch die Oberflächentemperatur wird hier gegenüber herkömmlichen Vertiefungen reduziert. Die hier vorgeschlagenen Geometrien der Vertiefungen können z.B. durch einen Laser in die Schutzschicht 13 nachträglich eingebracht werden. Ebenso ist es möglich, die Vertiefungen 4 beim Beschichten schon zu erzeugen.

Die Turbinenschaufel 120, 130 weist vorzugsweise ein Substrat aus einer nickel- oder kobaltbasierten Superlegierung auf, insbesondere ein Material gemäß Figur 7.

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

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

Die Schaufel 120, 130 weist entlang der Längsachse 121 aufeinander folgend einen Befestigungsbereich 400, eine daran

angrenzende Schaufelplattform 403 sowie ein Schaufelblatt 406 und eine Schaufelspitze 415 auf.

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

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

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

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

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

Solche Superlegierungen sind beispielsweise aus der EP 1 204 776 B1, EP 1 306 454, EP 1 319 729 A1, WO 99/67435 oder WO 00/44949 bekannt.

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

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

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

Dabei werden dendritische Kristalle entlang dem Wärmefluss ausgerichtet und bilden entweder eine stängelkristalline Kornstruktur (kolumnar, d.h. Körner, die über die ganze Länge des Werkstückes verlaufen und hier, dem allgemeinen Sprachgebrauch nach, als gerichtet erstarrt bezeichnet werden) oder  
5 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,  
10 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  
15 oder höchstens Kleinwinkelkorngrenzen aufweisen, als auch Stängelkristallstrukturen, die wohl in longitudinaler Richtung verlaufende Korngrenzen, aber keine transversalen Korngrenzen aufweisen. Bei diesen zweitgenannten kristallinen  
20 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.

Ebenso können die Schaufeln 120, 130 Beschichtungen gegen  
25 Korrosion oder Oxidation aufweisen, z. B. (MCrAlX; M ist zumindest ein Element der Gruppe Eisen (Fe), Kobalt (Co), Nickel (Ni), X ist ein Aktivelement und steht für Yttrium (Y) und/oder Silizium und/oder zumindest ein Element der Seltenen  
30 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 Dichte liegt vorzugsweise bei 95% der theoretischen Dichte.

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

Vorzugsweise weist die Schichtzusammensetzung Co-30Ni-28Cr-8Al-0,6Y-0,7Si oder Co-28Ni-24Cr-10Al-0,6Y auf. Neben diesen kobaltbasierten Schutzbeschichtungen werden auch vorzugsweise nickelbasierte Schutzschichten verwendet wie Ni-10Cr-12Al-0,6Y-3Re oder Ni-12Co-21Cr-11Al-0,4Y-2Re oder Ni-25Co-17Cr-10Al-0,4Y-1,5Re.

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

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

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

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 Einsatz des Bauteils 120, 130.

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.

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

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

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

Diese Schutzschichten können ähnlich der Turbinenschaufeln sein, also bedeutet beispielsweise MCrAlX: M ist zumindest ein Element der Gruppe Eisen (Fe), Kobalt (Co), Nickel (Ni), X ist ein Aktivelement und steht für Yttrium (Y) und/oder Silizium und/oder zumindest ein Element der Seltenen Erden, bzw. Hafnium (Hf). Solche Legierungen sind bekannt aus der EP 0 486 489 B1, EP 0 786 017 B1, EP 0 412 397 B1 oder EP 1 306 454 A1.

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



Durch geeignete Beschichtungsverfahren wie z.B. Elektronenstrahlverdampfen (EB-PVD) werden stängelförmige Körner in der Wärmedämmschicht erzeugt.

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

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

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

Die Figur 6 zeigt beispielhaft eine Gasturbine 100 in einem Längsteilschnitt.

Die Gasturbine 100 weist im Inneren einen um eine Rotationsachse 102 drehgelagerten Rotor 103 mit einer Welle 101 auf, der auch als Turbinenläufer bezeichnet wird.

Entlang des Rotors 103 folgen aufeinander ein Ansauggehäuse 104, ein Verdichter 105, eine beispielsweise torusartige Brennkammer 110, insbesondere Ringbrennkammer, mit mehreren koaxial angeordneten Brennern 107, eine Turbine 108 und das Abgasgehäuse 109.

Die Ringbrennkammer 110 kommuniziert mit einem beispielsweise ringförmigen Heißgaskanal 111. Dort bilden beispielsweise

vier hintereinander geschaltete Turbinenstufen 112 die Turbine 108.

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

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

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

15 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  
20 wird dann unter Bildung des Arbeitsmediums 113 in der Brennkammer 110 verbrannt. Von dort aus strömt das Arbeitsmedium 113 entlang des Heißgaskanals 111 vorbei an den Leitschaufeln 130 und den Laufschaufeln 120. An den Laufschaufeln 120 entspannt sich das Arbeitsmedium 113 impulsübertragend, so dass  
25 die Laufschaufeln 120 den Rotor 103 antreiben und dieser die an ihn angekoppelte Arbeitsmaschine.

Die dem heißen Arbeitsmedium 113 ausgesetzten Bauteile unterliegen während des Betriebes der Gasturbine 100 thermischen  
30 Belastungen. Die Leitschaufeln 130 und Laufschaufeln 120 der in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums 113 gesehen ersten Turbinenstufe 112 werden neben den die Ringbrennkammer 110 auskleidenden Hitzeschildelementen am meisten thermisch belastet.

35 Um den dort herrschenden Temperaturen standzuhalten, können diese mittels eines Kühlmittels gekühlt werden.

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

Als Material für die Bauteile, insbesondere für die Turbinenschaufel 120, 130 und Bauteile der Brennkammer 110 werden  
5 beispielsweise eisen-, nickel- oder kobaltbasierte Superlegierungen verwendet.

Solche Superlegierungen sind beispielsweise aus der EP 1 204 776 B1, EP 1 306 454, EP 1 319 729 A1, WO 99/67435 oder WO  
10 00/44949 bekannt.

Ebenso können die Schaufeln 120, 130 Beschichtungen gegen Korrosion (MCrAlX; M ist zumindest ein Element der Gruppe Eisen (Fe), Kobalt (Co), Nickel (Ni), X ist ein Aktivelement  
15 und steht für Yttrium (Y) und/oder Silizium, Scandium (Sc) und/oder zumindest ein Element der Seltenen Erden bzw. Hafnium). 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.

20 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  
25 Wärmedämmschicht erzeugt.

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

## Patentansprüche

1. Oberfläche (19),  
5 insbesondere keramische Oberfläche,  
mit länglichen Vertiefungen (4),  
die (4) eine Längsrichtung (11) aufweisen,  
wobei die Vertiefungen (4) unter einem deutlich von  $0^\circ$  ver-  
10 schiedenen Winkel,  
insbesondere  $90^\circ \pm 20^\circ$ ,  
zu einer Überströmungsrichtung (10) über die Oberfläche  
(19) angeordnet sind und  
im Bereich der Oberfläche (19) gegenüber dem Boden (16) der  
Vertiefung (4) quer zu ihrer Längsrichtung (11) zumindest  
15 teilweise verbreitert sind,  
bei dem die Verbreiterung der Vertiefung (4) ausgehend vom  
Boden (16) erst ab einer gewissen Höhe (22) innerhalb der  
Vertiefung (4) stattfindet,  
und insbesondere vorher konstant breit ist.  
20
2. Oberfläche nach Anspruch 1,  
bei dem die Vertiefung (4) eine Vorderkante (25) und Hin-  
terkante (28) aufweist,  
25 bei dem die Verbreiterung (26) an der Hinterkante (28),  
insbesondere am abströmungsseitigen Ende ausgebildet ist.
3. Oberfläche nach einem oder beiden der Ansprüche 1 oder  
30 2,  
bei dem die Vertiefung (4) im Querschnitt quer zur Längs-  
richtung (11) bis zur Verbreiterung (26) zumindest stellen-  
weise, insbesondere vollständig rechteckig ausgebildet ist.

4. Oberfläche nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis  
3,  
wobei die Vertiefungen (4) unter einem Winkel von  $90^\circ \pm 20^\circ$  zu einer Überströmungsrichtung (10) über die Oberfläche  
5 (19) angeordnet sind.
5. Oberfläche nach einem oder mehreren der Ansprüche 1, 2,  
3 oder 4,  
10 bei dem die Vertiefung (4) entlang der Längsrichtung (11)  
gewellt ausgebildet ist,  
insbesondere s-förmig.
- 15 6. Oberfläche nach einem oder mehreren der vorherigen An-  
sprüche,  
bei dem die Verbreiterung (26) einen mindestens 10% größe-  
ren Querschnitt gegenüber dem Boden (16) aufweist.
- 20 7. Oberfläche nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis  
6,  
als Oberfläche eines Massivbauteils (120, 130, 155).
- 25 8. Oberfläche nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis  
6,  
die als keramische Schicht (13) ausgebildet ist.
- 30 9. Oberfläche nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis  
8,  
bei dem die Vorderkante (25) sich nahezu senkrecht zur  
Oberfläche (19) erstreckt.
- 35 10. Bauteil (120, 130, 155) mit Oberfläche (19) nach einem  
oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9.

11. Bauteil mit Schicht (13) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10,  
5 bei dem sich die Vertiefung (4) nicht durch die gesamte Dicke der Schicht (13) erstreckt.

FIG 1

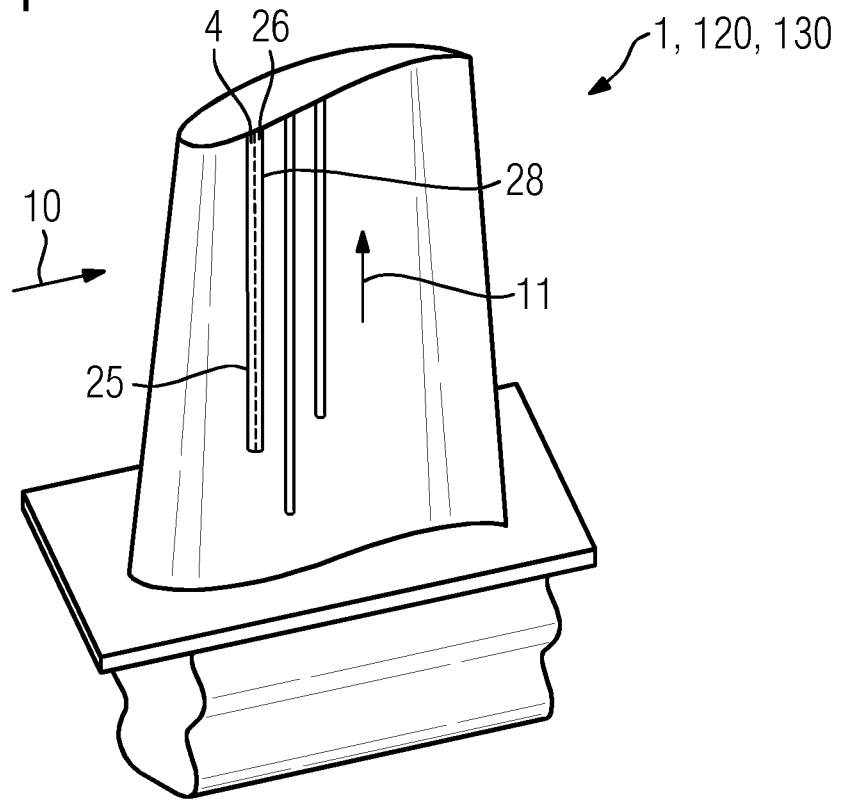


FIG 2

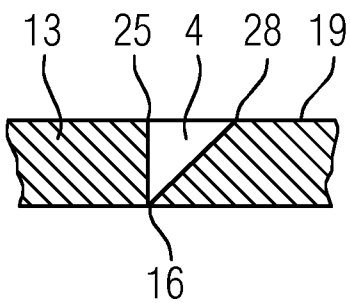


FIG 3

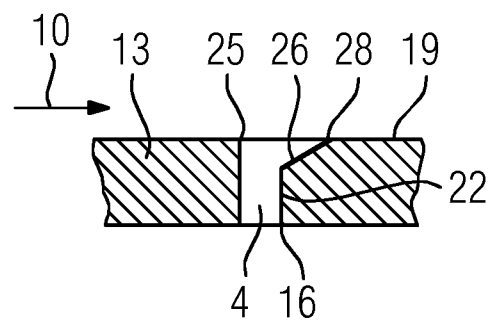


FIG 4

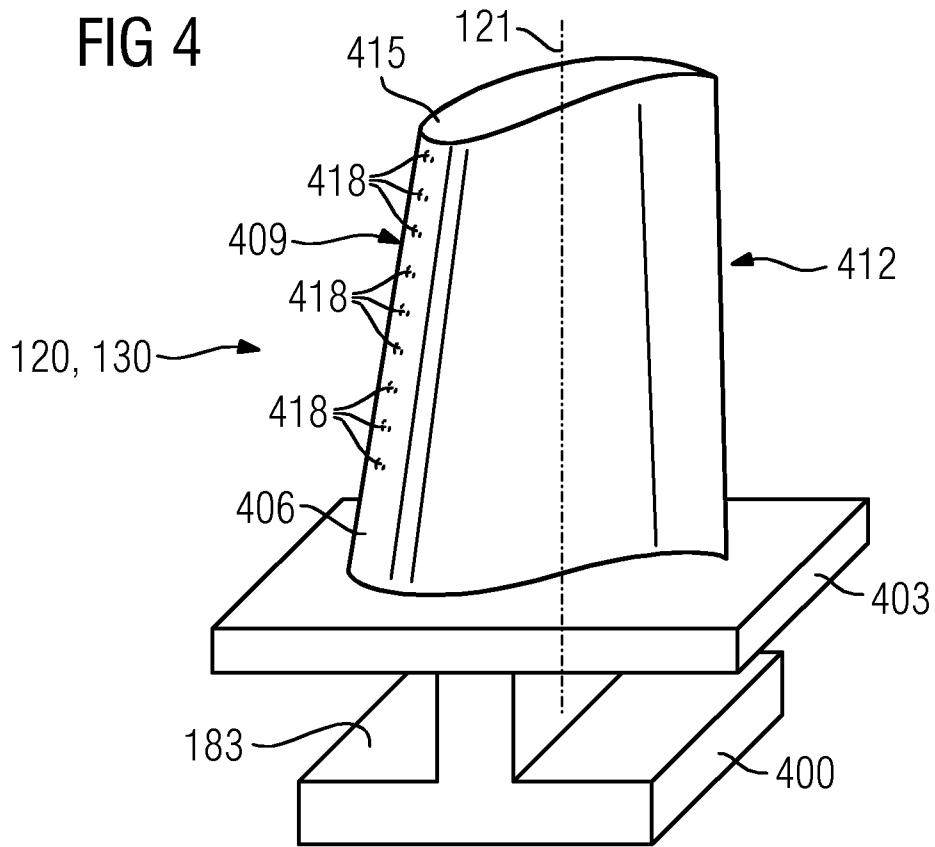


FIG 5

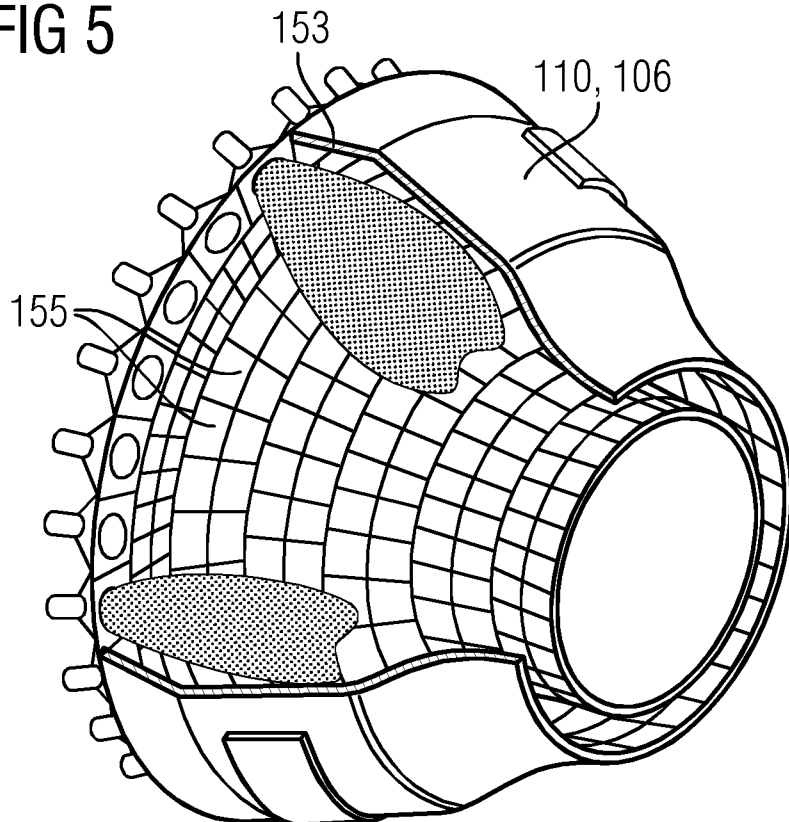




FIG 6

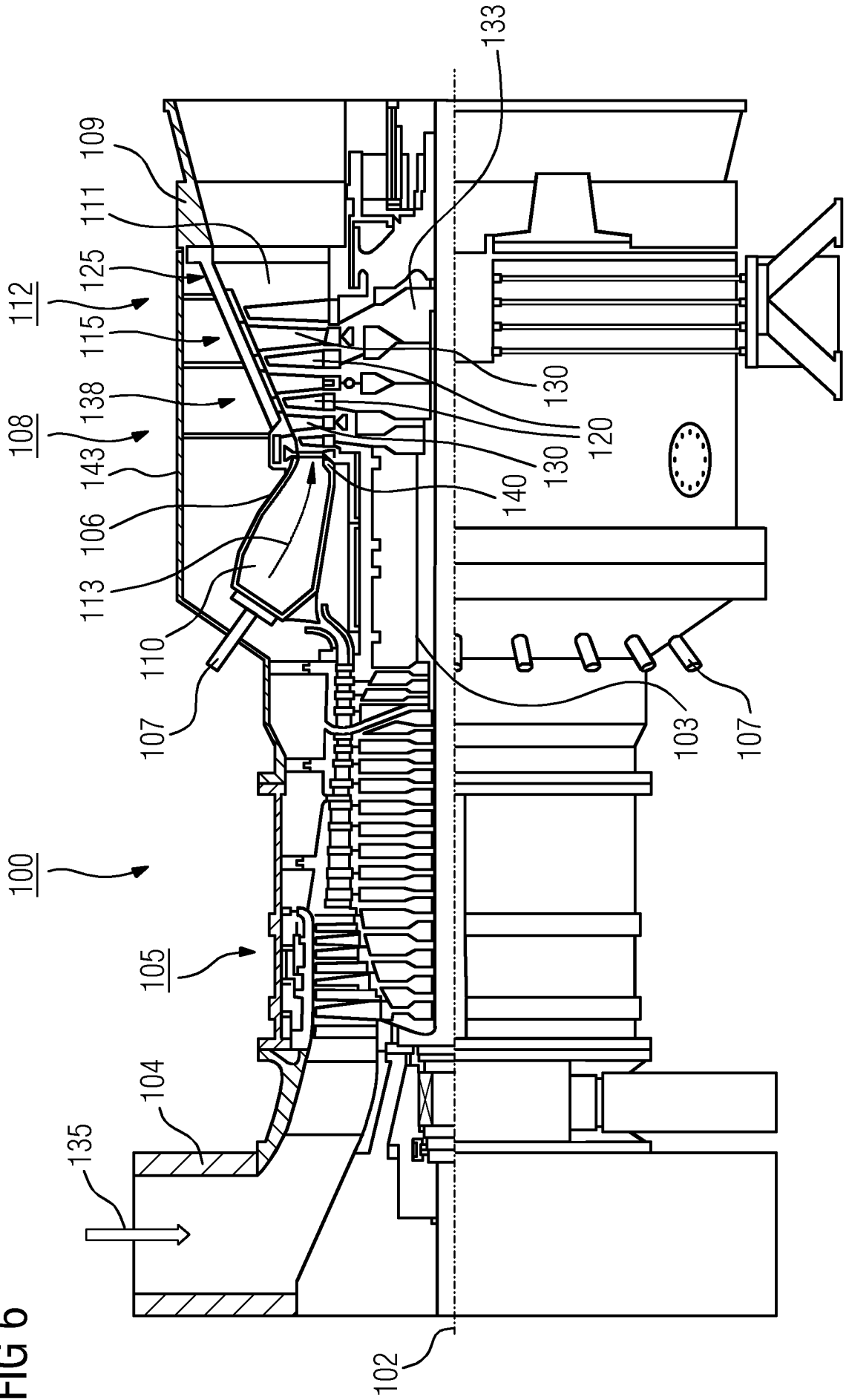


FIG 7

Werkstoff	chemische Zusammensetzung in %													
	C	Cr	Ni	Co	Mo	W	Ta	Nb	Al	Ti	B	Zr	Hf	
Ni-Basis-Feingußlegierungen														
GTD 222	0.10	22.5	Rest	19.0		2.0	1.0		1.2	2.3	0.008			
IN 939	0.15	22.4	Rest	19.0		2.0	1.4	1.0	1.9	3.7	0.009	0.10		
IN 6203 DS	0.15	22.0	Rest	19.0		2.0	1.1	0.8	2.3	3.5	0.010	0.10	0.75	
Udimet 500	0.10	18.0	Rest	18.5	4.0				2.9	2.9	0.006	0.05		
IN 738 LC	0.10	16.0	Rest	8.5	1.7	2.6	1.7	0.9	3.4	3.4	0.010	0.10		
SC 16	<0.01	16.0	Rest		3.0		3.5		3.5	3.5	<0.005	<0.008		
Rene 80	0.17	14.0	Rest	9.5	4.0	4.0			3.0	5.0	0.015	0.03		
GTD 111	0.10	14.0	Rest	9.5	1.5	3.8	2.8		3.0	4.9	0.012	0.03		
GTD 111 DS														
IN 792 CC	0.08	12.5	Rest	9.0	1.9	4.1	4.1		3.4	3.8	0.015	0.02		
IN 792 DS	0.08	12.5	Rest	9.0	1.9	4.1	4.1		3.4	3.8	0.015	0.02	1.00	
MAR M 002	0.15	9.0	Rest	10.0		10.0	2.5		5.5	1.5	0.015	0.05	1.50	
MAR M 247 LC DS	0.07	8.1	Rest	9.2	0.5	9.5	3.2		5.6	0.7	0.015	0.02	1.40	
CMSX-2	<.006	8.0	Rest	4.6	0.6	8.0	6.0		5.6	1.0	<.003	<.0075		
CMSX-3	<.006	8.0	Rest	4.6	0.6	8.0	6.0		5.6	1.0	<.003	<.0075	0.10	
CMSX-4		6.0	Rest	10.0	0.6	6.0	6.0		5.6	1.0		Re=3.0	0.10	
CMSX-6	<.015	10.0	Rest	5.0	3.0	<.10	2.0	<.10	4.9	4.8	<.003	<.0075	0.10	
PWA 1480 SX	<.006	10.0	Rest	5.0		4.0	12.0		5.0	1.5	<.0075	<.0075		
PWA 1483 SX	0.07	12.2	Rest	9.0	1.9	3.8	5.0		3.6	4.2	0.0001	0.002		
Co-Basis-Feingußlegierungen														
FSX 414	0.25	29.0	10	Rest		7.5					0.010			
X 45	0.25	25.0	10	Rest		8.0					0.010			
ECY 768	0.65	24.0	10	51.7		7.5	4.0		0.25	0.3	0.010	0.05		
MAR-M-509	0.65	24.5	11	Rest		7.5	4			0.3	0.010	0.60		
CM 247	0.07	8.3	Rest	10.0	0.5	9.5	3.2		5.5	0.7			1.5	

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2012/066062

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. F01D5/28 F23R3/00  
 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)  
 F01D F23R

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

<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 712 739 A1 (SIEMENS AG [DE]) 18 October 2006 (2006-10-18) the whole document paragraphs [0013] - [0016], [0029] - [0031], [0044], [0046], [0050] figures 1-3,6,10,11,14	1-11
X	EP 1 942 250 A1 (SIEMENS AG [DE]) 9 July 2008 (2008-07-09) the whole document paragraphs [0012] - [0017], [0025] - [0027], [0030], [0048], [0051], [0052] figures 2-6,8  ----- -/--	1-11

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search  2 November 2012	Date of mailing of the international search report  12/11/2012
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  Gombert, Ralf

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2012/066062

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>WO 2009/126194 A1 (SIEMENS ENERGY INC [US]; KULKARNI ANAND A [US]; MITCHELL DAVID J [US];) 15 October 2009 (2009-10-15) cited in the application the whole document page 7, line 26 - page 8, line 5 page 13, line 22 - page 14, line 22 page 15, lines 8-28 figures 1, 3A, 5, 7</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-6,8-11
A	<p>EP 2 065 566 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 3 June 2009 (2009-06-03) the whole document paragraphs [0011], [0012], [0016] figures 3,4</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-11
A	<p>EP 2 128 306 A1 (SIEMENS AG [DE]) 2 December 2009 (2009-12-02) the whole document figures 1,5,6</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-11

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2012/066062
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 1712739	A1	18-10-2006	AT 493565 T	15-01-2011
			CN 101120156 A	06-02-2008
			EP 1712739 A1	18-10-2006
			EP 1869290 A1	26-12-2007
			EP 2292898 A1	09-03-2011
			EP 2428646 A1	14-03-2012
			KR 20070120187 A	21-12-2007
			US 2009067998 A1	12-03-2009
			US 2011300000 A1	08-12-2011
			WO 2006108749 A1	19-10-2006
EP 1942250	A1	09-07-2008	AT 506524 T	15-05-2011
			CN 101573510 A	04-11-2009
			EP 1942250 A1	09-07-2008
			EP 2097616 A1	09-09-2009
			JP 2010514984 A	06-05-2010
			US 2010028128 A1	04-02-2010
			WO 2008080655 A1	10-07-2008
WO 2009126194	A1	15-10-2009	EP 2283169 A1	16-02-2011
			US 2009017260 A1	15-01-2009
			WO 2009126194 A1	15-10-2009
EP 2065566	A1	03-06-2009	EP 2065566 A1	03-06-2009
			US 2009136345 A1	28-05-2009
EP 2128306	A1	02-12-2009	CN 101618610 A	06-01-2010
			EP 2128306 A1	02-12-2009
			EP 2385155 A1	09-11-2011
			RU 2009119821 A	27-11-2010
			US 2010015401 A1	21-01-2010

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2012/066062

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
INV. F01D5/28 F23R3/00  
ADD.

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

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
F01D F23R

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

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 712 739 A1 (SIEMENS AG [DE]) 18. Oktober 2006 (2006-10-18) das ganze Dokument Absätze [0013] - [0016], [0029] - [0031], [0044], [0046], [0050] Abbildungen 1-3,6,10,11,14 -----	1-11
X	EP 1 942 250 A1 (SIEMENS AG [DE]) 9. Juli 2008 (2008-07-09) das ganze Dokument Absätze [0012] - [0017], [0025] - [0027], [0030], [0048], [0051], [0052] Abbildungen 2-6,8 ----- -/--	1-11

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

- |  |   |
|--|---|
| <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> | <p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> |
|--|---|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
2. November 2012	12/11/2012

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  Gombert, Ralf
--	--

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>WO 2009/126194 A1 (SIEMENS ENERGY INC [US]; KULKARNI ANAND A [US]; MITCHELL DAVID J [US];)  15. Oktober 2009 (2009-10-15)  in der Anmeldung erwähnt  das ganze Dokument  Seite 7, Zeile 26 - Seite 8, Zeile 5  Seite 13, Zeile 22 - Seite 14, Zeile 22  Seite 15, Zeilen 8-28  Abbildungen 1, 3A, 5, 7</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-6,8-11
A	<p>EP 2 065 566 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 3. Juni 2009 (2009-06-03)  das ganze Dokument  Absätze [0011], [0012], [0016]  Abbildungen 3,4</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-11
A	<p>EP 2 128 306 A1 (SIEMENS AG [DE])  2. Dezember 2009 (2009-12-02)  das ganze Dokument  Abbildungen 1,5,6</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-11

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/066062

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1712739	A1	18-10-2006	AT 493565 T	15-01-2011
			CN 101120156 A	06-02-2008
			EP 1712739 A1	18-10-2006
			EP 1869290 A1	26-12-2007
			EP 2292898 A1	09-03-2011
			EP 2428646 A1	14-03-2012
			KR 20070120187 A	21-12-2007
			US 2009067998 A1	12-03-2009
			US 2011300000 A1	08-12-2011
			WO 2006108749 A1	19-10-2006
-----				
EP 1942250	A1	09-07-2008	AT 506524 T	15-05-2011
			CN 101573510 A	04-11-2009
			EP 1942250 A1	09-07-2008
			EP 2097616 A1	09-09-2009
			JP 2010514984 A	06-05-2010
			US 2010028128 A1	04-02-2010
			WO 2008080655 A1	10-07-2008
-----				
WO 2009126194	A1	15-10-2009	EP 2283169 A1	16-02-2011
			US 2009017260 A1	15-01-2009
			WO 2009126194 A1	15-10-2009
-----				
EP 2065566	A1	03-06-2009	EP 2065566 A1	03-06-2009
			US 2009136345 A1	28-05-2009
-----				
EP 2128306	A1	02-12-2009	CN 101618610 A	06-01-2010
			EP 2128306 A1	02-12-2009
			EP 2385155 A1	09-11-2011
			RU 2009119821 A	27-11-2010
			US 2010015401 A1	21-01-2010
-----				