

(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
30. Mai 2013 (30.05.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/075858 A1

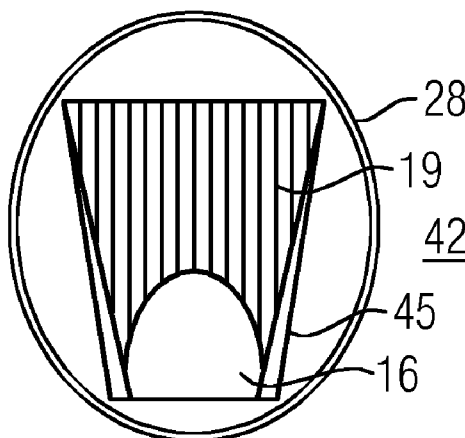
- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
F01D 5/18 (2006.01) *F01D 5/28* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/068058
- (22) **Internationales Anmeldedatum:** 14. September 2012 (14.09.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:** 11190431.4 24. November 2011 (24.11.2011) 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):** **BECK, Thomas** [DE/DE]; Jägerstr. 25 D, 16341 Panketal (DE). **AMANN, Christian** [DE/DE]; Ostring 90, 46238 Bottrop (DE). **BECKMANN, Björn** [DE/DE]; Scheffelstraße 17, 47057 Duisburg (DE). **BÖTTCHER, Andreas** [DE/DE]; Goethestraße 3, 40822 Mettmann (DE). **ESSER, Winfried** [DE/DE]; Am geraden Weg 39, 44805 Bochum (DE). **GAIO, Giuseppe** [DE/DE]; Alte Bahnhof Str. 13, 53173 Bonn (DE). **KÜPERKOCH, Rudolf** [DE/DE]; Rheinstr. 163, 45219 Essen (DE). **SCHUMANN, Eckart** [DE/DE]; Scharpenberg 113, 45468 Mülheim an der Ruhr (DE). **TETERUK, Rostislav** [DE/DE]; Scharpenberg 64 A, 45468 Mülheim an der Ruhr (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, PA, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** MODIFIED INTERFACE AROUND A HOLE

(54) **Bezeichnung :** MODIFIZIERTE OBERFLÄCHE UM EIN LOCH

FIG 2



(57) **Abstract:** The use of recesses in a layer prevents flaking within the interface through the layers.

(57) **Zusammenfassung:** Durch die Verwendung von Vertiefungen in einer Schicht werden Abplatzungen innerhalb der Interfaces durch die Schichten vermieden.

WO 2013/075858 A1

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)*

Modifizierte Oberfläche um ein Loch

Die Erfindung betrifft die Modifizierung einer Oberfläche um ein Loch in einem Schichtsystem.

5

Schichtsysteme werden insbesondere für Bauteile verwendet, die bei hohen Temperaturen eingesetzt werden. Dies sind insbesondere Turbinenschaufeln mit einem metallischen Substrat, metallischer Anbindungsschicht und keramischer Wärmedämm-

10

schicht. Zusätzlich werden insbesondere Gasturbinenbauteile gekühlt, indem ein Kühlmedium aus einem Kühlloch austritt, um das Bauteil im Innern zu kühlen, aber auch um das Bauteil außen vor zu heißen Gasen zu schützen.

15

Solche Löcher werden oft nach vollständiger Beschichtung des Substrats eingebracht, wobei die Öffnung an ihrer Innenfläche dann eine Schwachstelle oder Ausgangspunkt für Risswachstum sein kann.

20

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, o.g. Problem zu lösen.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine oder mehrere Vertiefungen um das Loch herum gemäß Anspruch 1.

25

In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Maßnahmen aufgelistet, die beliebig miteinander kombiniert werden können, um weitere Vorteile zu erzielen.

30

Es zeigen

Figur 1 ein Kühlloch nach dem Stand der Technik,

Figur 2 - 6 Ausführungsbeispiele der Erfindung,

Figur 7 ein Schichtsystem,

35 Figur 8 eine Turbinenschaufel,

Figur 9 eine Brennkammer,

Figur 10 eine Gasturbine und

Figur 11 eine Liste von Superlegierungen.

Die Ausführungsbeispiele in der Beschreibung stellen nur Ausführungsbeispiele der Erfindung dar.

5

Figur 1 zeigt eine Aufsicht auf eine Oberfläche 42 einer Schicht 10 (Fig. 7) mit einem Loch 13, das hier insbesondere als Filmkühlloch ausgebildet ist.

10 An der Oberfläche 42 gibt es eine Kontur 45 um das Loch 13 heran. Das Filmkühlloch 13 kann eine radiale Bohrung 16 mit symmetrischem oder unsymmetrischem Querschnitt aufweisen. Je nach Anwendung bzw. Stelle an dem Brennkammerstein 155 (Fig. 9) oder der Turbinenschaufel 120, 130 (Fig. 8) ist das Filmkühlloch 13 mit einem Diffusor 19 ausgebildet.

15 Der Diffusor 19 stellt eine Verbreiterung des unteren Anteils 16 des Lochs 13 dar (Fig. 7).

Figur 7 zeigt einen Querschnitt durch ein Schichtsystem 25.
20 Das Schichtsystem 25 weist ein Substrat 4 auf.

Das Substrat 4 ist vorzugsweise metallisch und weist ganz insbesondere nickel- oder kobaltbasierte Superlegierungen auf.

25 Dabei werden vorzugsweise Legierungen gemäß Figur 11 verwendet.

Auf dem Substrat 4 direkt oder auf einer metallischen Anbindungsschicht 7 ist eine äußere keramische Schicht 10 aufgebracht, die die äußerste Oberfläche 42 darstellt.

30 Durchgehend durch das Schichtsystem 25, also durch die Schichten 7, 10 und das Substrat 4, ist ein Loch 13 vorhanden, das auch einen Diffusor 19 aufweisen kann.

35 Zur Lösung des Problems werden Vertiefungen 28, 31, 33, 36 um das Loch 13 oder mehreren Löchern des Bauteils 25, 120, 130, 155 herum eingebracht, die das Loch 13 zumindest teilweise oder vollständig umschließen.

Die Vertiefungen 28, 31, 33, 36 können in die äußere Oberfläche 42 eingebracht werden oder werden entsprechend in dem metallischen Substrat 7 oder in dem Substrat 4 eingebracht, so dass sich bei der nachfolgenden Beschichtung eine entsprechende Vertiefung an der Oberfläche 42 ergibt.

Die Vertiefung 28 weist wie in Figur 2 eine geschlossene, insbesondere gebogene Linie 28, die vorzugsweise als Kreis oder als Oval ausgebildet ist. Dabei können eine oder mehrere Vertiefungen 36', 36'', ... (Figur 5) verwendet werden. Die Vertiefung 28 kann die Kontur 45 der Öffnung des Lochs 13 berühren oder beabstandet sein (gilt für Fig. 1, 2, 4, 5, 6).

Figur 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung. Hier ist ausgehend von den Ecken 22' bis 22'''' der Kontur 45 des Lochs 13 oder des Diffusors 19 eine V- oder L-förmige Vertiefung 31, 31' eingebracht. Die Ecke der L- oder V-Form 31, 31' schließt sich vorzugsweise an die Ecke 22', ... des Lochs 13 oder Diffusors 19 an. Dabei kann eine zweite V- oder L-Form 31, 31' anschließend an die erste V- oder L-Form 31, 31' als Vertiefung vorhanden sein, wie es gestrichelt angedeutet ist (dies ist hier nur beispielhaft für nur eine Ecke 22'' dargestellt).

25

Figur 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die Vertiefungen 33 sind hier vorzugsweise gerade, nicht geschlossene Linien und erstrecken sich ganz insbesondere senkrecht zu einer Überströmrichtung 47 über das Loch 13. Dies stellt jedoch keine Einschränkung dar, ebenso können die Vertiefungen 33 in Überströmrichtung 47 verlaufen. Ein gedachter Umfang 46 (gestrichelt), der durch die linienförmigen Vertiefungen 33 gebildet wird, ist vorzugsweise quadratisch oder rechteckig ausgebildet.

35

Die Vertiefungen 33 füllen die Fläche um den Umfang 46 bis zur Kontur 45 des Lochs 13 aus, d.h. erstrecken sich bis zur Kontur 45 des Lochs 13 oder bis kurz vor die Kontur 45.

5

Figur 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die Löcher 39 stellen hier die Vertiefungen dar, die sich entlang eines gewissen Verlaufs um das Loch 13 erstrecken.

10 Das Loch 13 ist hier beispielsweise auf der Anströmkante einer Turbinenschaufel 120, 130 ausgebildet. Diese punktförmigen Vertiefungen 39 können ebenfalls auf die Anwendungsbeispiele der Figuren 2 bis 5 angewandt werden, d.h. die punktförmigen Vertiefungen erstrecken sich entlang der Linie oder
15 würden miteinander verbundene Linien gemäß der Figur 2 bis 5 ergeben.

Die Figur 8 zeigt in perspektivischer Ansicht eine Laufschaufel 20 fel 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 Dampf-
25 turbine 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
30 und eine Schaufelspitze 415 auf.

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

35 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 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 ausbil-

den, 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 5 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 10 (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 15 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 Erden, bzw. Hafnium (Hf)). Solche Legierungen sind bekannt 20 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 25 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 30 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.

35 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, teil-

weise 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
5 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
10 Wärmedämmschicht ist also vorzugsweise poröser als die MCrAlX-Schicht.

Wiederaufarbeitung (Refurbishment) bedeutet, dass Bauteile
15 120, 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-
20 satz 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
25 und weist ggf. noch Filmkühllöcher 418 (gestrichelt angedeutet) auf.

Die Figur 9 zeigt eine Brennkammer 110 einer Gasturbine.
30 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
35 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 Betriebspa-
5 rametern 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 arbeits-
10 mediumsseitig 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
15 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
20 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 Wär-
medämmschicht vorhanden sein und besteht beispielsweise aus
25 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. Elektronen-
strahlverdampfen (EB-PVD) werden stängelförmige Körner in der
30 Wärmedämmschicht erzeugt.

Andere Beschichtungsverfahren sind denkbar, z.B. atmosphäri-
sches Plasmaspritzen (APS), LPPS, VPS oder CVD. Die Wärme-
dämmschicht kann poröse, mikro- oder makrorissbehaftete Kör-
ner zur besseren Thermoschockbeständigkeit aufweisen.

35 Wiederaufarbeitung (Refurbishment) bedeutet, dass Hitzeschildelemente 155 nach ihrem Einsatz gegebenenfalls von Schutzschichten befreit werden müssen (z.B. durch Sandstrah-

len). 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 10 zeigt beispielhaft eine Gasturbine 100 in einem Längsteilschnitt.

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

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

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

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

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

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

Während des Betriebes der Gasturbine 100 wird vom Verdichter
5 105 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
10 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 die Laufschaufeln 120 den Rotor 103 antreiben und dieser die
15 an ihn angekoppelte Arbeitsmaschine.

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

Um den dort herrschenden Temperaturen standzuhalten, können
25 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
30 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
35 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 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.

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 Wärmedämmschicht erzeugt.

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

Patentansprüche

1. Schichtsystem (25),
5 zumindest aufweisend:
 ein Substrat (4),
 eine Schicht (10),
 wobei das Schichtsystem (25) ein Loch (13) zumindest in der
 Schicht (10) aufweist,
10 wobei in der Nähe um das Loch (13) oder
 direkt anschließend an eine Begrenzungslinie (45) des Lochs
 (13)
 zumindest eine,
 insbesondere mehrere,
15 Vertiefungen (28, 31, 33, 36) in der Oberfläche (42) der
 Schicht (10) vorhanden sind.

2. Schichtsystem nach Anspruch 1,
20 bei dem das Loch (13) einen Diffusor (19) an der Oberfläche
 (42) aufweist.

3. Schichtsystem nach einem oder beiden der Ansprüche 1
25 oder 2,
 bei dem Vertiefungen (28, 31, 33, 36) an der Oberfläche
 (42) länglich ausgebildet sind.

- 30 4. Schichtsystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 1,
 2 oder 3,
 bei dem die Vertiefung (28, 36) zumindest eine geschlossene
 Linie um das Loch (13) darstellt,
 die insbesondere gebogen,
35 ganz insbesondere rund oder oval ausgebildet ist.

5. Schichtsystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 1, 2, 3 oder 4, bei dem mehrere geschlossene umlaufende Vertiefungen (36) um das Loch (13) herum vorhanden sind.

5

6. Schichtsystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 1, 2 oder 3, bei dem zumindest eine nicht umlaufende, nicht geschlossene Vertiefungen (31, 33), insbesondere als Linie, ganz insbesondere mehrere, vorhanden sind.

10

15

7. Schichtsystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5 oder 6, bei dem die Vertiefungen (28, 31, 33, 36) geradlinig ausgebildet sind.

20

8. Schichtsystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 1, 2, 3, 6 oder 7, bei dem die Vertiefung (31, 31') V- oder L-förmig ausgebildet ist und insbesondere sich mit ihrer Ecke der V- oder L-Form an einer Ecke (22', 22'') oder Rundung der Kontur (45) des Diffusors (19) oder des Lochs (13), ganz insbesondere an allen Ecken, anschließt.

25

30

9. Schichtsystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 oder 8, bei dem mehrere V- oder L-förmige Vertiefungen (31, 31') ineinander angeordnet sind.

35

10. Schichtsystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 1,
2, 3, 6 oder 7,
bei dem die Vertiefungen (33),
die insbesondere linienförmig ausgebildet sind,
5 als äußeren gedachten Umfang eine quadratische oder recht-
eckige Form aufweisen.
11. Schichtsystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 1,
10 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 oder 10,
bei dem die Linien durch mehrere punktuelle oder gestri-
chelte Vertiefungen (39) gebildet werden.

FIG 1

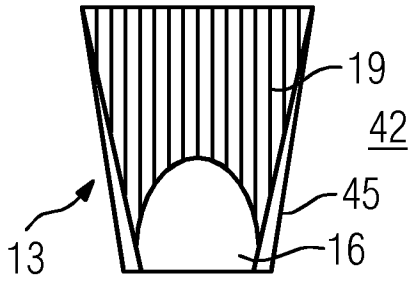


FIG 2

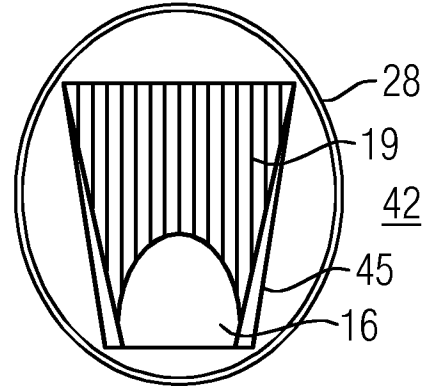


FIG 3

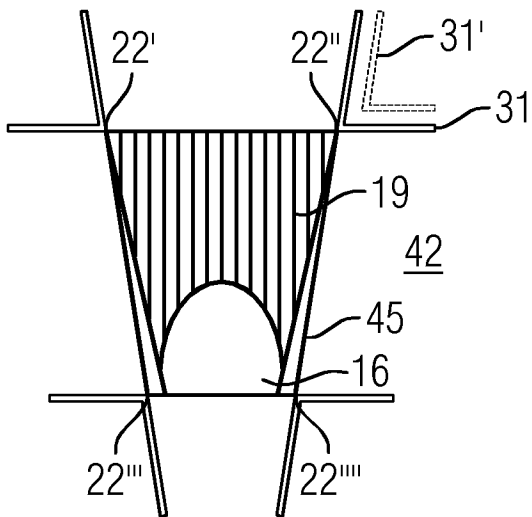


FIG 4

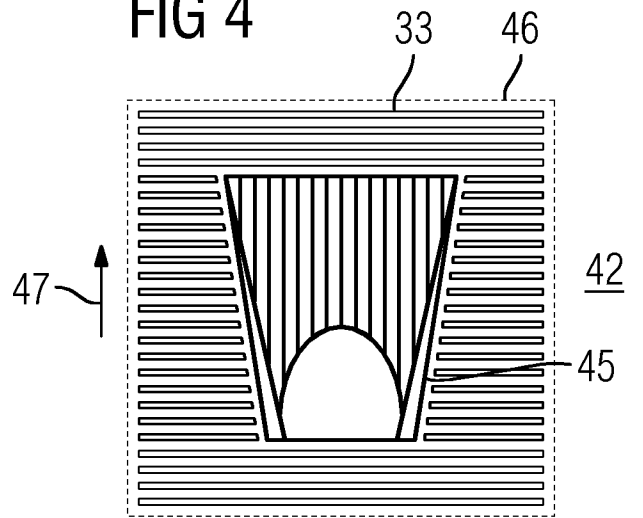


FIG 5

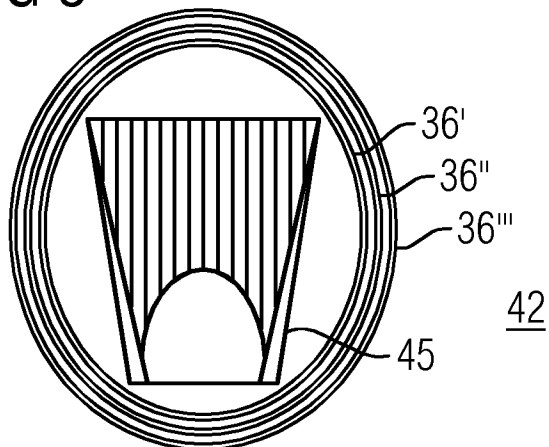


FIG 6

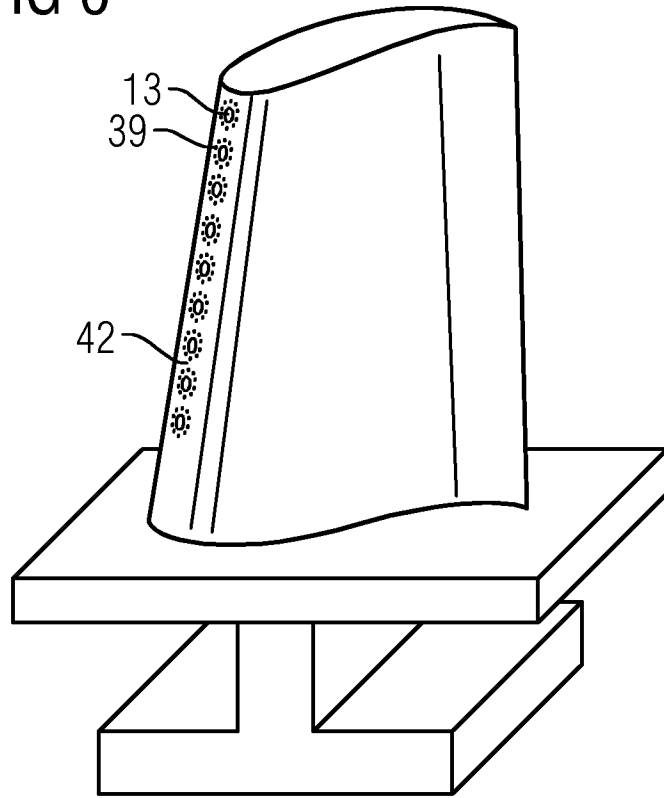


FIG 7

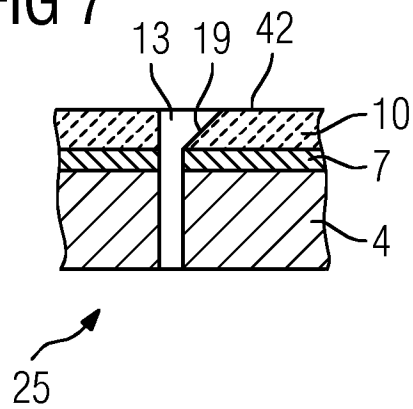


FIG 8

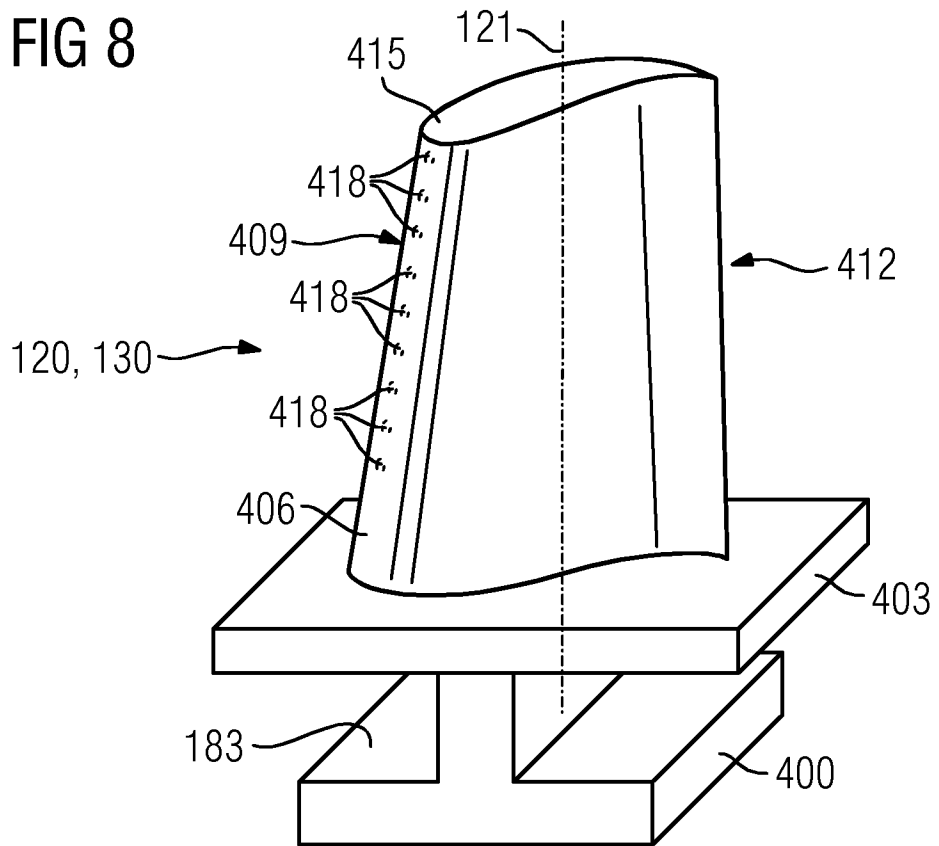


FIG 9

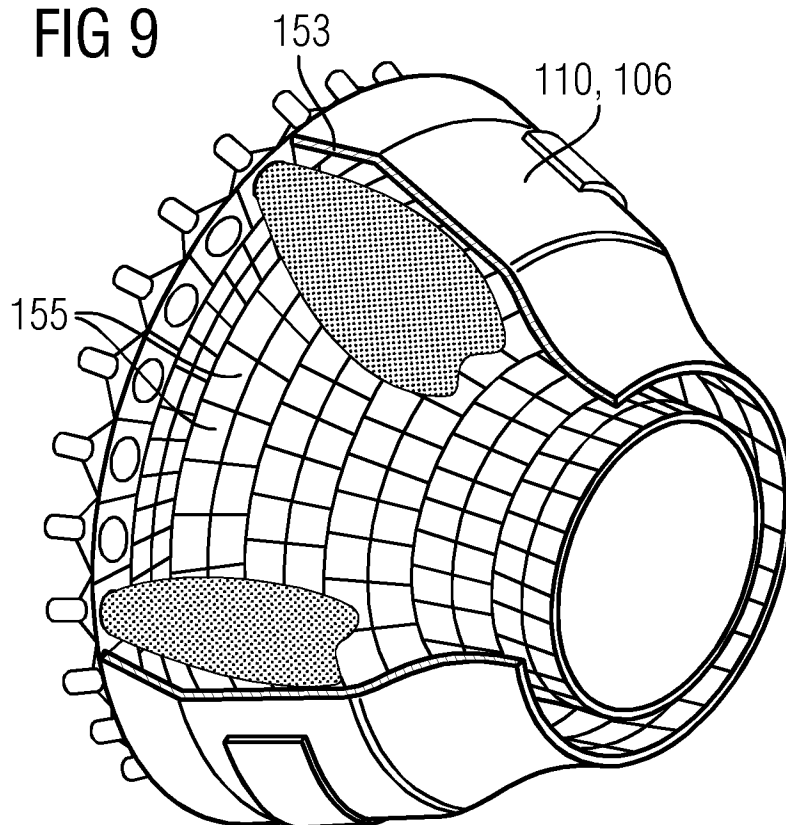


FIG 10

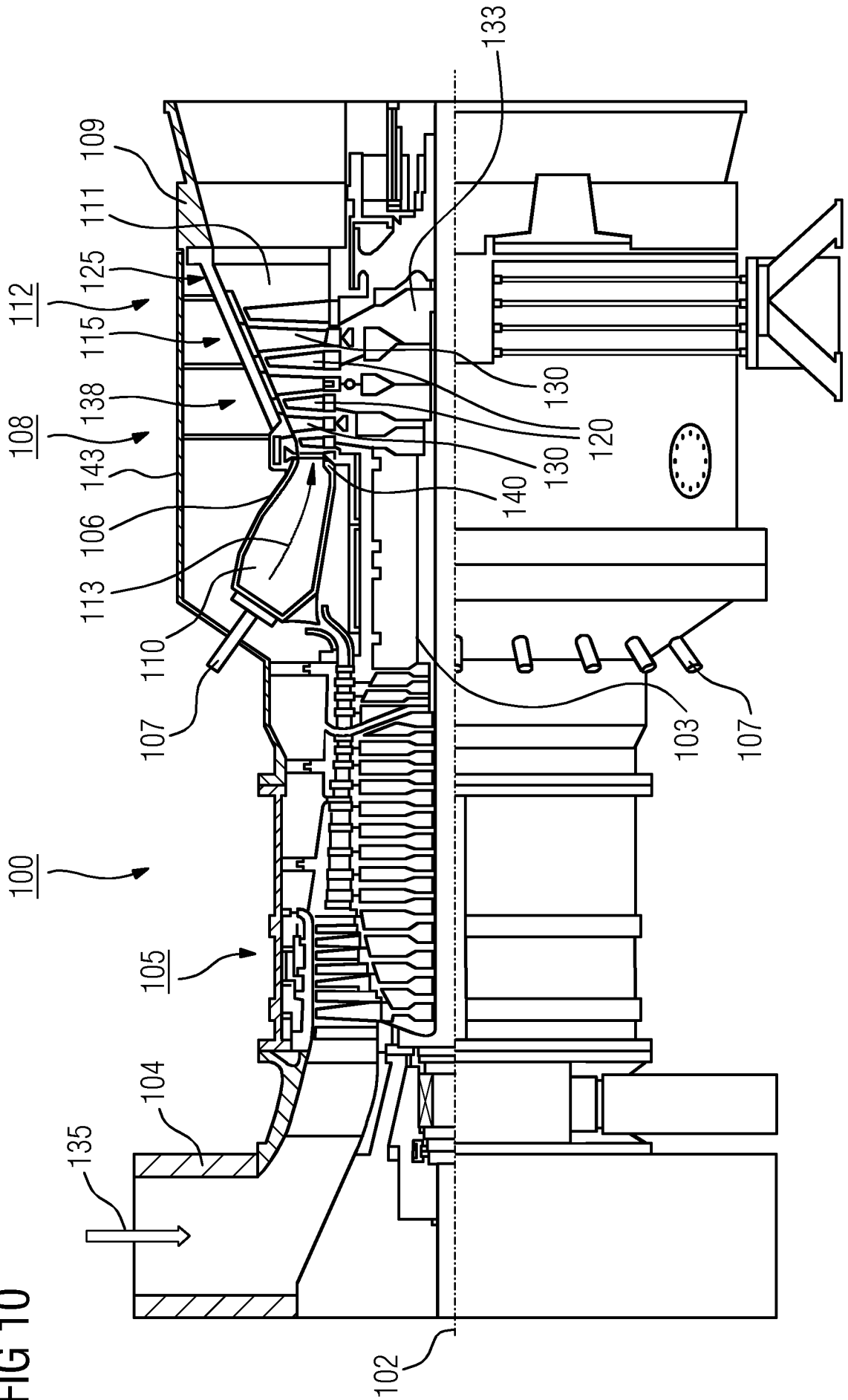


FIG 11

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/EP2012/068058

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F01D5/18 F01D5/28 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				
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, WPI Data				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
X	EP 1 942 250 A1 (SIEMENS AG [DE]) 9 July 2008 (2008-07-09) paragraph [0025] paragraph [0027] figures 6,2	1,3-11		
X	----- DE 10 2009 003634 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 1 October 2009 (2009-10-01) paragraph [0003] - paragraph [0004] paragraph [0015] figure 2	1-3,6-11		
X	----- DE 10 2007 038858 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 6 March 2008 (2008-03-06) paragraph [0014] figure 1	1-3,6,7, 11		
----- -/--				
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.				
* Special categories of cited documents : <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;"> "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </td> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;"> "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 </td> </tr> </table>			"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report			
6 November 2012	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 Burattini, Paolo			

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2012/068058

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 997 581 A1 (METEM CORP [US]) 3 December 2008 (2008-12-03) figure 2 paragraph [0016] -----	1,2
X	EP 1 091 090 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 11 April 2001 (2001-04-11) paragraph [0049] paragraph [0052]; figures 3,5 -----	1-3,6,7
A	US 5 458 461 A (LEE CHING-PANG [US] ET AL) 17 October 1995 (1995-10-17) column 2, line 14 - line 51 figure 5 -----	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2012/068058

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
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

DE 102009003634	A1	01-10-2009	CN 101545381 A 30-09-2009
			DE 102009003634 A1 01-10-2009
			FR 2929323 A1 02-10-2009
			JP 2009236112 A 15-10-2009
			US 2009246011 A1 01-10-2009

DE 102007038858	A1	06-03-2008	DE 102007038858 A1 06-03-2008
			JP 2008057534 A 13-03-2008
			KR 20080021523 A 07-03-2008
			US 2008057271 A1 06-03-2008

EP 1997581	A1	03-12-2008	CA 2631361 A1 29-11-2008
			EP 1997581 A1 03-12-2008
			US 2008298920 A1 04-12-2008
			US 2011243677 A1 06-10-2011

EP 1091090	A2	11-04-2001	EP 1091090 A2 11-04-2001
			JP 4766736 B2 07-09-2011
			JP 2001173405 A 26-06-2001
			KR 20010039934 A 15-05-2001
			US 6234755 B1 22-05-2001

US 5458461	A	17-10-1995	NONE

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/068058

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F01D5/18 F01D5/28
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherhierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F01D

Recherhierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherhierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 942 250 A1 (SIEMENS AG [DE]) 9. Juli 2008 (2008-07-09) Absatz [0025] Absatz [0027] Abbildungen 6,2	1,3-11
X	-----	
X	DE 10 2009 003634 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 1. Oktober 2009 (2009-10-01) Absatz [0003] - Absatz [0004] Absatz [0015] Abbildung 2	1-3,6-11
X	-----	
X	DE 10 2007 038858 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 6. März 2008 (2008-03-06) Absatz [0014] Abbildung 1	1-3,6,7, 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>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>
--	---

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
6. 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 Burattini, Paolo
--	---

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 997 581 A1 (METEM CORP [US]) 3. Dezember 2008 (2008-12-03) Abbildung 2 Absatz [0016] -----	1,2
X	EP 1 091 090 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 11. April 2001 (2001-04-11) Absatz [0049] Absatz [0052]; Abbildungen 3,5 -----	1-3,6,7
A	US 5 458 461 A (LEE CHING-PANG [US] ET AL) 17. Oktober 1995 (1995-10-17) Spalte 2, Zeile 14 - Zeile 51 Abbildung 5 -----	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/068058

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
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

DE 102009003634	A1	01-10-2009	CN 101545381 A 30-09-2009
			DE 102009003634 A1 01-10-2009
			FR 2929323 A1 02-10-2009
			JP 2009236112 A 15-10-2009
			US 2009246011 A1 01-10-2009

DE 102007038858	A1	06-03-2008	DE 102007038858 A1 06-03-2008
			JP 2008057534 A 13-03-2008
			KR 20080021523 A 07-03-2008
			US 2008057271 A1 06-03-2008

EP 1997581	A1	03-12-2008	CA 2631361 A1 29-11-2008
			EP 1997581 A1 03-12-2008
			US 2008298920 A1 04-12-2008
			US 2011243677 A1 06-10-2011

EP 1091090	A2	11-04-2001	EP 1091090 A2 11-04-2001
			JP 4766736 B2 07-09-2011
			JP 2001173405 A 26-06-2001
			KR 20010039934 A 15-05-2001
			US 6234755 B1 22-05-2001

US 5458461	A	17-10-1995	KEINE
